SHL
WITHDRAWN
ERIODICALS
NIVERSITY DEPOSITORY

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

CINQUIÈME SÉRIE

ZOOLOGIE

ET

PALÉONTOLOGIE

QC 1

Paris — Imprimerie de E. Martinet, rue Mignon, 2.

940
1

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

CINQUIÈME SÉRIE

ZOOLOGIE

ET

PALÉONTOLOGIE

COMPRENANT

L'ANATOMIE, LA PHYSIOLOGIE, LA CLASSIFICATION
ET L'HISTOIRE NATURELLE DES ANIMAUX

PUBLIÉES SOUS LA DIRECTION DE

M. MILNE EDWARDS

XI

PARIS

VICTOR MASSON ET FILS,

PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE

1869

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/annales-des-sciences-naturelles-zoologie-et-biologie_1869_11

ANNALES
DES
SCIENCES NATURELLES

ZOOLOGIE
ET
PALÉONTOLOGIE

MÉMOIRE
SUR
LA GÉNÉRATION DES APHIDES,

Par M. BALBIANI.

INTRODUCTION.

L'histoire des sciences naturelles compte peu de faits aussi généralement connus que ceux qui se rattachent à la découverte du mode de propagation des Pucerons ou Aphides, faite par Charles Bonnet vers le milieu du siècle dernier. Bonnet, au début de sa carrière scientifique, eut une double bonne fortune : d'une part, il enrichit la science d'un des faits les plus extraordinaires qui eussent encore été signalés dans l'histoire de la génération des êtres vivants, et, de l'autre, il eut pour historien et commentateur de sa découverte l'un des plus illustres naturalistes de son temps, son maître Réaumur. Les célèbres *Mémoires pour servir à l'histoire des Insectes* (1) ont certainement plus contribué à populariser le nom de Bonnet que

(1) Réaumur, *Mémoires pour servir à l'histoire des Insectes*, t. VI, 1742, p. 523.

l'ouvrage dans lequel celui-ci a consigné lui-même le récit de ses observations (1) ; et encore aujourd'hui, après bientôt un siècle et demi, c'est moins le souvenir de l'auteur vieilli des rêveries palingénésiques que ce nom réveille en nous, que celui du jeune et patient observateur des Pucerons.

On sait comment Bonnet fut conduit à entreprendre ses célèbres expériences sur ces animaux. Les premiers observateurs, Leeuwenhœk, Cestoni, Geoffroy et autres, connaissaient déjà la propriété qu'ils possèdent d'engendrer des petits vivants, et peu s'en fallut même que Réaumur n'enlevât à Bonnet l'honneur de la découverte de leur génération solitaire. L'illustre entomologiste avait déjà commencé quelques expériences à ce sujet, mais il ne réussit pas à les mener à bonne fin, et il engagea Bonnet à les reprendre, ce que ce dernier fit de manière à attacher inséparablement son nom à l'histoire de ces curieux Insectes.

Tout le monde connaît les moyens par lesquels cet observateur célèbre est parvenu à résoudre le problème dont Réaumur lui avait confié la solution, ainsi que la sagacité et la persévérance dont il a fait preuve dans le cours de ses recherches poursuivies pendant plusieurs années consécutives. Je n'ai donc pas à recommencer ici un récit si souvent reproduit, et me bornerai à rappeler la conclusion générale que Bonnet a tirée de ses observations, conclusion qui peut être considérée comme la formule du cycle génésique des Aphides sur laquelle se sont basées toutes les recherches faites depuis sur le même sujet.

Pendant toute la partie chaude de l'année, c'est-à-dire depuis le printemps jusqu'à l'arrière-saison, les Pucerons se multiplient exclusivement en mettant au monde des petits vivants, sans l'intervention d'aucun individu mâle ; mais, à l'approche de la saison froide, ils rentrent dans les conditions ordinaires et se propagent par l'intermédiaire d'individus sexués comme les autres Insectes. Les femelles, fécondées par les mâles, pondent des œufs qui passent l'hiver et n'éclosent qu'au printemps. Ces

(1) Charles Bonnet, *Traité d'Insectologie ou Observations sur les Pucerons*, 1745.

œufs donnent naissance à de nouvelles générations vivipares qui se succèdent sans interruption jusqu'en automne pour être remplacées à leur tour par d'autres Pucerons porteurs de sexes, lesquels terminent et recommencent tout à la fois le cycle reproducteur de l'espèce.

Ces faits, découverts à une époque où florissaient des naturalistes tels que Réaumur, Trembley, Lyonet, ne pouvaient passer dans la science sans qu'on cherchât aussitôt à les interpréter (1). Il serait aussi fastidieux qu'inutile à notre sujet de passer en revue toutes les hypothèses qui ont été successivement imaginées pour arriver à une explication plausible de ces singuliers phénomènes et dont on pourra d'ailleurs lire l'exposé complet dans Réaumur (2) ; même celles tentées par les meilleurs esprits, lorsqu'elles ne portent pas l'empreinte des idées métaphysiques sur la génération des êtres dans lesquelles se complaisaient un grand nombre de naturalistes de cette époque, se ressentent forcément de l'état d'imperfection des connaissances que l'on possédait alors touchant les moyens par lesquels les animaux perpétuent leurs espèces. Ces notions se bornaient, en effet, presque exclusivement à leur multiplication par voie sexuelle. Quant aux phénomènes de propagation par boutures et par bourgeons, observés d'abord par Trembley chez l'Hydre, leur découverte

(1) Pour être rigoureusement vrai, il faudrait faire remonter jusqu'à Aristote lui-même la première notion d'une génération sexuelle sans le concours de l'élément mâle. Le grand naturaliste philosophe avait en effet déjà des idées assez justes sur l'existence d'une propagation sans accouplement préalable chez les Abeilles. (Voyez Aubert und Wimmer, *Die Parthenogenesis der Geschlechts-und Zeugungsverhältnisse der Bienen*, dans *Zeitschrift für wissensch. Zool.*, t. IX, 1858, p. 507.) Mais sans remonter au delà du siècle même où vivait Bonnet, un certain nombre de faits du même ordre avaient déjà été constatés chez divers autres Insectes, notamment chez les Papillons, avant la découverte de la propagation solitaire et vivipare des Pucerons. Mais, publiés sans de suffisantes garanties d'exactitude, on ne leur accorda que peu d'attention, et ils étaient tombés dans un oubli complet au moment où Bonnet fit connaître les résultats de ses observations sur les Pucerons. Il devait s'écouler encore plus d'un siècle avant que ces faits de reproduction sans le concours du mâle fussent repris et examinés à nouveau par les naturalistes de notre temps auxquels ils ont servi à édifier la théorie nouvelle qui, sous le nom de parthénogenèse, tend à s'introduire de plus en plus dans la science physiologique contemporaine.

(2) Réaumur, *Mémoires*, t. III, 1737, p. 281 ; t. VI, 1742, p. 523.

était encore trop récente pour que l'on songeât à en rapprocher, comme on l'a fait de nos jours, le mode de reproduction des Aphides.

L'idée qui devait se présenter la première comme la plus naturelle est celle de l'hermaphrodisme des Pucerons. Cette opinion, émise d'abord par Cestoni et Leeuwenhœk à une époque où l'on ne faisait encore que soupçonner le véritable mode de propagation de ces Insectes, rallia la plupart des naturalistes, après que Bonnet eut publié ses célèbres observations. Réaumur la partagea lui-même pendant quelque temps (1).

Cependant Bonnet, livré plus que jamais depuis ses relations avec Haller à ses spéculations sur la préexistence des germes et l'action de la fécondation, substitua bientôt à cette explication une autre manière de voir. Il supposa qu'entre les Pucerons vivipares et les Pucerons ovipares, il n'y avait d'autre différence que celle qui résulte de l'état plus ou moins parfait dans lequel leurs produits sont mis au monde. Chez les premiers, ces produits reçoivent dans le sein maternel une alimentation abondante, grâce à laquelle ils peuvent atteindre leur développement complet avant de naître ; chez les seconds, au contraire, la

(1) L'androgynisme des Pucerons ne fut, en effet, qu'une des explications successivement admises et abandonnées par Réaumur. Parmi les autres hypothèses auxquelles il eut recours, il en est une qui mérite d'être rappelée. « Nous devons avouer, dit Réaumur, qu'il n'y a qu'un concours des preuves les plus décisives qui puisse forcer à croire que des animaux qui pendant quatre à cinq générations, et peut-être pendant un nombre de générations beaucoup plus grand, se sont suffi à eux-mêmes pour conserver leur espèce, aient besoin, après un nombre de générations déterminé, d'être fécondés pour plusieurs autres générations. L'âge où une femelle Puceron serait devenue en état de soutenir les approches du mâle et où elle aurait besoin de les souffrir, ne se compterait pas simplement, comme dans les autres animaux, par le temps écoulé depuis leur naissance ; cet âge se compterait principalement par le nombre des générations dont sa naissance aurait été précédée. » (*Mémoires*, t. VI, p. 554.) Si j'ai rapporté ici les propres paroles du grand entomologiste, c'est qu'elles me paraissent renfermer en germe la définition généalogique de l'individu animal ou végétal, presque telle qu'elle devait être formulée de nos jours par Gallesio et Huxley. Dans mon travail sur les phénomènes sexuels des Infusoires, j'ai exprimé au sujet de ces derniers animaux une opinion analogue à celle émise par Réaumur à l'égard des Pucerons (Voyez Balbiani, *Recherches sur les phénomènes sexuels des Infusoires*, dans *Journal de physiologie* de Brown-Séquard, t. IV, 1861, p. 480, note).

nourriture fournie par la mère est insuffisante pour les conduire au terme de leur évolution, et ils sont engendrés à l'état d'œufs. Or l'accouplement aurait précisément pour but de donner au germe le supplément de nourriture dont il a besoin pour achever son développement hors du corps maternel, supplément qui n'est autre chose que la liqueur séminale du mâle (1).

Trembley, le célèbre historien de l'Hydre d'eau douce, proposa une autre hypothèse, qui eut la bonne fortune de rallier quelques partisans jusque parmi les naturalistes de notre époque [Kirby et Spence (2), Dutrochet (3)]. Il supposa que l'influence prolifique résultant d'un seul accouplement en automne se transmettait à toutes les générations de femelles qui se succèdent pendant le printemps et l'été de l'année suivante (4). Si ingénieuse qu'elle parût d'abord, cette manière de voir n'en perdit pas moins peu à peu du terrain, à mesure que l'on apprit à mieux connaître l'action de la fécondation, et elle fit bientôt place à cette vue plus simple que les Pucerons vivipares étaient de véritables femelles qui ne différaient des autres femelles d'Insectes qu'en ce que leurs œufs pouvaient se développer en vertu d'un pouvoir prolifique propre, c'est-à-dire sans avoir besoin pour cela de la stimulation que la liqueur séminale du mâle exerce sur ceux des autres animaux. A vrai dire, cette dernière explication tranchait moins la question en l'assimilant à des phénomènes déjà connus, qu'en faisant intervenir une notion jusque-là ignorée dans la science : celle de la fécondité de l'œuf sans le concours de l'élément mâle. Néanmoins, elle fut presque la seule qui prévalut jusqu'à une époque très-rapprochée de la nôtre, et il ne fallut pas moins que la mémorable découverte des phénomènes de génération alternante pour remettre de nouveau en question le mode de reproduction des Aphides.

Pendant qu'on cherchait, à l'aide de ces vues théoriques, à

(1) Bonnet, *Considérations sur les corps organisés*, 1776, t. II, p. 112.

(2) Kirby and Spence, *An Introduction to Entomology*, t. IV, 1828, p. 161.

(3) Dutrochet, *Observations sur les organes des Pucerons* (*Ann. des sciences naturelles*, t. XXX, 1833, p. 204).

(4) Lettre de Trembley à Ch. Bonnet, en date du 24 janvier 1741, dans *Considérations sur les corps organisés* de Bonnet, t. II, p. 103.

soulever le voile qui couvrait les phénomènes génésiques de ces Insectes, les observateurs avaient recours à la méthode expérimentale pour mettre en lumière plusieurs points restés encore obscurs de leur mode de propagation. Tel est celui que le célèbre naturaliste suédois de Geer, l'un de ceux qui, après Bonnet, ont le plus contribué à nous faire connaître l'histoire physiologique des Aphides, s'est proposé d'élucider dans les termes suivants : « Il reste, dit-il, à savoir si les mêmes individus de Pucerons, qui, dans l'été, ont fait des petits vivants, pondent des œufs en automne, ou si les Pucerons vivipares ne produisent jamais d'œufs, et si ceux qui font des œufs n'ont jamais été vivipares (1). » Les expériences qu'il entreprit d'abord sur le Puceron du Pin (*Lachnus pini*), puis sur celui du Rosier (*Siphonophora* (*Aphis*) *rosæ*), le conduisirent à des résultats qu'il résume de la manière suivante : « J'ose conclure que les individus des Pucerons ovipares ne font ni n'ont jamais fait des petits vivants, et que les Pucerons vivipares ne pondent jamais des œufs, mais que les petits qu'ils mettent au monde à la fin de la belle saison sont ceux qui sont ovipares, et qui conservent l'espèce pendant l'hiver au moyen d'œufs qu'ils pondent, et qui sont capables de résister au plus grand froid (1). » Néanmoins, de Geer ne considérait pas la faculté d'engendrer, soit des œufs, soit des petits tout formés, comme départie à deux catégories distinctes d'individus, car il admettait que les ovipares produiraient, au lieu d'œufs, des petits vivants, si, pendant la saison froide, on pouvait entretenir autour d'eux une température égale à celle de l'été, et il en déduisit que, dans les parties chaudes du globe, les Pucerons étaient exclusivement vivipares.

Après de Geer, dont les observations sur les Pucerons furent publiées en 1773, il faut arriver jusqu'à l'année 1815 pour trouver de nouveaux progrès réalisés dans nos connaissances touchant les phénomènes génésiques de ces animaux. Je veux parler du mémoire où Kyber a consigné les résultats de ses longues et patientes investigations. Kyber, dont on ne cite guère, dans tous

(1) De Geer, *Mémoires pour servir à l'histoire des Insectes*, t. III, 1773, p. 27.

les livres classiques, que les expériences concernant l'influence de la chaleur sur la propagation vivipare des Pucerons, a fait, en outre, une foule d'autres remarques intéressantes sur ces animaux, et lorsqu'on lit dans le texte original son travail intitulé : *Expériences et observations sur les Pucerons* (1), on ne peut s'empêcher de reconnaître qu'à une sagacité rare et une patience à toute épreuve, il joignait le mérite de toujours se laisser guider par des principes réellement scientifiques dans les déductions qu'il a tirées de ses observations. Outre ses expériences bien connues touchant l'action de la chaleur, il a étudié aussi celle du froid, les effets de l'alimentation considérés isolément ou combinés avec ceux de la température, etc. Kyber confirme, dans tous les points essentiels, les résultats de Bonnet et de de Geer, et donne la démonstration expérimentale du fait déjà soupçonné par ses deux prédécesseurs, que la durée de la reproduction vivipare est pour ainsi dire illimitée, et dépend en grande partie, sinon d'une manière absolue, des conditions de température et d'alimentation. Une observation qu'il eut l'occasion de faire le conduisit même à démontrer expérimentalement l'influence que l'alimentation, dégagée de celle des autres agents, exerce sur la reproduction des Aphides. Ayant remarqué que, chez certaines espèces vivant sur des plantes herbacées qui fructifient et se dessèchent de bonne heure, ou sur celles qui deviennent promptement ligneuses, les femelles ovipares et les mâles apparaissent dès le milieu de l'été, au lieu de ne se montrer qu'en automne seulement, comme dans la plupart des autres espèces (2), il supposa qu'il existait une relation entre les modifications qui surviennent dans la quantité ou la qualité des sucs dont ces animaux se nourrissent et la production des individus sexués. Pour s'en assurer, il prit quelques-unes des mères

(1) J. F. Kyber, *Einige Erfahrungen u. Bemerkungen über Blattläuse* (Germar's *Magazin der Entomologie*, t. I, 2e partie, 1815, p. 1-39).

(2) De Geer avait déjà fait une remarque semblable chez le Puceron du Saule dont il vit les mâles dès le mois de juin (*Mémoires*, t. III, p. 77). De nos jours, Bouché a également observé ces mâles précoces dans plusieurs espèces, mais il pense que, dans certains cas, ce sont des mâles de l'automne précédent qu'un froid prématuré a empêchés de s'accoupler et qui ont hiverné (*Stettiner entomol. Zeit.*, t. V, 1844, p. 81).

vivipares qui avaient déjà commencé à engendrer des mâles et des femelles et les plaça sur des végétaux jeunes et frais, et constata bientôt après qu'au lieu de continuer à mettre au monde des individus sexués, elles n'engendraient plus que des Pucerons vivipares semblables à elles (1).

Dans ses expériences relatives à l'action de la chaleur et du froid sur la reproduction des Aphides, Kyber constata que ces deux agents exercent des effets analogues à ceux produits par l'alimentation, suivant qu'elle est abondante ou insuffisante. La plus connue de ses expériences à ce sujet est celle où il réussit à entretenir pendant quatre années consécutives la faculté de reproduction vivipare dans les colonies de l'*Aphis rosæ*, en ayant simplement le soin de placer celles-ci dans un lieu chauffé pendant chaque hiver, tandis qu'au dehors des Pucerons sexués apparaissaient chaque année, s'accouplaient entre eux et pondaient des œufs (2).

Enfin, confirmant les observations de de Geer, Kyber assure n'avoir jamais vu un seul individu mâle accouplé avec une femelle ailée, dans plus de vingt espèces où il a observé l'accouplement. Constamment, c'étaient des femelles aptères qui étaient recherchées par les mâles, et il ajoute, d'un autre côté, que les femelles ailées ne pondent jamais d'œufs, ce qui avait également déjà été constaté par de Geer.

Quant aux relations qu'il supposait exister entre les individus vivipares et les ovipares, Kyber ne s'explique pas d'une manière catégorique à ce sujet. S'il ne résulte d'aucun passage de son

(1) Kyber, *loc. cit.*, p. 15.

(2) Il paraît cependant y avoir quelquefois des exceptions à la règle de l'apparition annuelle et régulière des individus sexués dans les colonies placées à l'air libre. C'est ainsi que j'ai plusieurs fois rencontré dans le climat de Paris, aux mois de décembre et de janvier et par un froid très-vif, des colonies formées par l'*Aphis Rosæ* exclusivement composées de Pucerons vivipares. En serait-il de cette espèce comme de quelques autres, l'*Aphis populnea*, par exemple, où, d'après les remarques de Bouché, les mâles et les femelles ne se montrent souvent qu'après plusieurs années pendant lesquelles des générations exclusivement vivipares se sont succédé? On sait d'ailleurs que les Pucerons sont capables de résister aux froids les plus rigoureux et qu'un certain nombre d'entre eux passent l'hiver cachés sous des pierres, la mousse, l'écorce des arbres, etc., pour continuer à se reproduire au printemps.

mémoire qu'il considérait les deux modes de reproduction par œufs et par des petits tout formés comme répartis sur des individus différents, tout prouve du moins qu'il les séparait chronologiquement. C'est ainsi que, réfutant un passage des *Considérations sur les corps organisés* de Bonnet, où il est dit qu'on rencontre en tout temps des femelles renfermant à la fois des œufs et des embryons (1), Kyber affirme n'avoir jamais rien observé de pareil, et que les Pucerons contiennent toujours, soit des œufs exclusivement, soit des embryons seulement. Il pense d'ailleurs que ces derniers ne sont pas engendrés dans un organe comparable à un ovaire, mais sont produits par une simple séparation de l'organisme maternel (*durch blose Abstossung oder Abreissung vom mütterlichen Körper*). Kyber avait donc en quelque sorte deviné l'explication qu'un grand nombre de naturalistes de nos jours devaient donner du mode de reproduction des Pucerons vivipares en l'assimilant à un phénomène de gemmation interne.

Après le mémoire de Kyber, nous trouvons un travail de Duvau sur le même sujet (2). Duvau, expérimentant sur le Puceron de la Fève, vit la fécondité de ces animaux se prolonger pendant une période de sept mois, au bout desquels il obtint la onzième génération. Il constata aussi d'une manière très-évidente l'influence de la température sur cette fécondité, et donna quelques détails intéressants sur la durée de la vie chez les Pucerons, ainsi que sur le temps qu'ils mettent avant de devenir capables d'engendrer.

Avec les travaux que nous venons de passer jusqu'ici en revue se termine ce que l'on peut appeler la période physiologique ou expérimentale de l'histoire de la propagation des Aphides ; ceux qui vont suivre ouvrent une nouvelle ère dans la question qui nous occupe, en ce qu'ils s'appuient principalement sur l'étude anatomique des organes générateurs de ces animaux pour arriver à la solution du problème de leur mode de reproduction.

(1) Bonnet, *loc. cit.*, t. II, p. 111.

(2) Duvau, *Nouvelles recherches sur l'histoire naturelle des Pucerons* (*Mém. du Muséum d'histoire naturelle*, t. XIII, 1825, p. 126).

Tel est le caractère des recherches de Dutrochet, de Siebold et de Morren, dont la publication se place entre les années 1833 et 1839. Comme j'aurai plus d'une occasion de revenir sur les résultats de leurs investigations anatomiques dans la suite de ce mémoire, je n'y insisterai pas ici et me bornerai à faire connaître les déductions physiologiques que leurs auteurs en ont tirées relativement à la nature des Aphides.

Dutrochet (1) rejette l'idée de l'hermaphrodisme que soutenaient quelques anciens observateurs et se rattache à l'opinion autrefois émise par Trembley sur la transmission de l'influence fécondatrice à plusieurs générations de femelles.

Le mémoire de Morren est presque entièrement une monographie de l'*Aphis persicæ* (2). Morren adopte la croyance ancienne de la transformation directe des Pucerons vivipares en ovipares, malgré les expériences contraires de de Geer, et il va même plus loin dans ce sens que les anciens partisans de cette manière de voir, en ce qu'il suppose l'accouplement avec le mâle pos sible même pendant la période vivipare. Il admet, en outre, l'existence d'ailes chez la femelle ovipare, et affirme que la génération sexuée reparaît toujours après un certain nombre de générations agames que Morren porte à sept, à neuf ou à onze suivant les espèces (3). Huxley (4) a déjà relevé l'inexacti-

(1) Dutrochet, *Observations sur les organes de la génération chez les Pucerons* (*Ann. des sc. nat.*, t. XXX, 1833, p. 204).

(2) Morren, *Mémoire sur l'émigration du Puceron du Pêcher et sur les caractères et l'anatomie de cette espèce* (*Ann. des sc. nat.*, 2e série, t. VI, 1836, p. 65).

(3) « L'influence de la température sur ces animaux est manifeste ; chez les autres Pucerons et dans les circonstances ordinaires, la femelle pond des œufs lorsqu'elle est ailée, et après un accouplement avec le mâle ailé à la même époque. Cette ponte se fait ainsi à la septième génération pour les uns, à la neuvième ou même à la onzième pour les autres ; avant elle il y a seulement naissance de femelles naissant à l'état de larves. Or, chez le Puceron du Pêcher, j'ai vu un grand nombre de fois que la femelle ailée et *propre à la fécondation* ne renfermait point des œufs et n'en pondait point, mais qu'elle renfermait des petits Pucerons vivants qui naissaient tout développés avec leurs pattes, leur trompe et leurs antennes. Ce ne fut qu'en novembre que les femelles sans ailes présentaient des œufs dans les ovaires et les oviductes, et pour cela il fallait un froid déjà assez vif. » (Morren, *loc. cit.*, p. 76.)

(4) Huxley, *On the Agamic Reproduction and Morphology of Aphis* (*Transact. of the Linnean Soc.*, t. XXII, 1858, p. 193).

tude de ces deux dernières assertions en montrant que ni Réaumur, ni Bonnet, ni de Geer, ni Kyber, ne parlent de femelles ovipares ailées, et que Morren lui-même est en complet accord avec eux à cet égard dans sa description de la femelle de l'*Aphis persicæ*. Quant à l'apparition périodique des individus sexués après un nombre toujours déterminé de générations vivipares, le fait même que ce nombre peut être pour ainsi dire augmenté ou diminué à volonté, en faisant varier les circonstances extérieures, comme Kyber l'a démontré dans quelques-unes de ses principales expériences, suffit à prouver l'erreur où est tombé Morren.

Cherchant à expliquer le mode suivant lequel le jeune Puceron est engendré dans le corps de sa mère, le même auteur hasarde l'hypothèse qu'il naît *par une individualisation d'un tissu précédemment organisé*. Sans insister ici sur le vague d'une semblable définition qui n'est guère que la traduction en d'autres termes du fait même qu'il s'agit d'interpréter, nous voyons que Morren assigne pour origine aux embryons des Pucerons vivipares un corps qu'il désigne sous le nom d'*œuf formé de globules réunis et sans enveloppe apercevable* (1). Il est difficile de donner à un germe constitué de la sorte le nom de tissu organisé, et il serait encore plus rationnel de le comparer à un œuf véritable ou à un bourgeon caduc à l'exemple de plusieurs autres naturalistes.

Le travail de M. de Siebold (2) est une étude purement anatomique de l'appareil génital de l'*Aphis lonicerœ* et de ses caractères distinctifs dans les individus vivipares et les femelles ovipares. Nous y reviendrons dans la partie descriptive de ce mémoire.

Enfin, dans ses *Recherches sur les Hémiptères* (3), Léon Dufour donne aussi quelques détails sur les organes générateurs de

(1) Morren, *loc. cit.*, p. 88.

(2) Siebold, *Ueber die innern Geschlechtswerkzeuge der viviparen und oviparen Blattläuse* (Froriep's *Neue Notizen*, t. XII, 1839, p. 308).

(3) Léon Dufour, *Recherches anatomiques et physiologiques sur les Hémiptères*, 1833, p. 232.

l'*Aphis rosæ*, mais qui ne jettent aucun jour nouveau sur le mode de reproduction de ces Insectes.

Nous touchons enfin à l'année 1842 qui inaugure une ère nouvelle dans l'histoire de la reproduction des êtres vivants par la publication du célèbre ouvrage de Steenstrup sur les générations alternantes (1). La question qui nous occupe ne pouvait manquer de ressentir vivement le contre-coup des idées nouvelles qui surgissaient de toutes parts touchant les phénomènes de multiplication des animaux, et à une époque encore plus rapprochée de nous, la doctrine de la parthénogenèse a aussi exercé une influence marquée sur les vues des physiologistes concernant la reproduction des Aphides. Mais avant de suivre la question dans ces voies nouvelles, voyons d'abord comment les idées que nos prédécesseurs s'étaient formées au sujet de ces animaux se sont transmises jusqu'à nous et ont trouvé des partisans même parmi les naturalistes de notre époque.

En effet, si un grand nombre d'esprits, séduits par les vues ingénieuses de Steenstrup sur l'existence de cycles de reproduction alternativement composés d'individus sexués et d'individus agames intermédiaires, ont mis en doute la nature femelle des Pucerons vivipares pour ne voir en eux que des *nourrices*, d'autres se sont rattachés à l'opinion ancienne de la transformation des vivipares et ont cherché à la démontrer tant par des observations sur ces animaux à l'état de vie que par l'investigation anatomique de leur appareil reproducteur.

Nous trouvons d'abord une observation que Ratzeburg fit sur l'*Aphis oblonga* du Bouleau et d'où il tira la conséquence qu'après s'être reproduits par viviparité pendant un certain temps, les Pucerons pondaient ensuite des œufs destinés à conserver l'espèce pendant la saison froide (2). La colonie qu'il observa d'abord au mois d'août était exclusivement composée d'individus aptères, lesquels produisirent une progéniture vivante jusqu'en novembre où ils commencèrent à pondre des œufs. Partageant

(1) Steenstrup, *Ueber den Generationswechsel, oder die Fortpflanzung und Entwickelung durch abwechselnde Generationen*, 1842.

(2) Ratzeburg, *Agenda hemipterologica* (*Stettiner entomol. Zeit.*, t. V, 1844, p. 9).

l'erreur signalée plus haut de Morren que les individus qui composent la génération sexuée chez les Aphides sont toujours pourvus d'ailes, il inféra d'une part de cette observation que les mâles et les femelles proprement dites manquent d'une manière absolue chez l'*Aphis oblonga* et, d'autre part, que les individus agames se reproduisent, suivant la saison, tantôt par des petits tout formés, tantôt par des œufs.

Kaltenbach (1) et Bouché (2) objectèrent à Ratzeburg que, chez les Pucerons, les mâles ne sont pas toujours ailés (3), et qu'en outre, il se passe souvent des mois et même des années sans que l'on aperçoive dans certaines colonies un seul individu ailé, soit mâle, soit femelle. Tel est le cas de l'*Aphis populnea*, où Bouché n'observa d'abord pendant plusieurs années consécutives que des individus aptères, lorsqu'un jour du mois d'octobre des Pucerons ailés se montrèrent parmi ces derniers.

Ces présomptions ne tardèrent pas à être confirmées par Ratzeburg lui-même. En effet, reprenant l'année suivante ses observations sur la même colonie de l'*Aphis oblonga* qui avait été l'objet de ses études antérieures, cet entomologiste vit d'abord, au mois de mai, des femelles vivipares ailées, puis, en octobre, il observa des mâles ailés aussi et fut témoin de leur accouplement (4). Malheureusement il laisse dans le doute si les femelles qu'il a trouvées accouplées avec les mâles en automne étaient identiques avec les individus vivipares et ailés observés au printemps, ou si elles étaient aptères comme ceux qu'il avait vus pondre des œufs au mois de novembre de l'année précédente.

(1) Kaltenbach, *Einige Bemerkungen zu Herrn Prof. Ratzeburg's Agenda hemipterologica* (*Ibid.*, p. 133).

(2) Bouché, *Bemerkungen über die Naturgeschichte der Blattläuse* (*Ibid.*, p. 81).

(3) L'existence de mâles aptères chez les Aphides avait déjà été constatée par Bonnet dans l'espèce qu'il nomme le gros Puceron du Chêne à trompe courte (*Insectologie*, p. 180); par Lyonet chez le Puceron du gramen (dans Réaumur, *Mémoires*, t. VI. p. 555); par de Geer chez les *Aphis pini*, *pomi* et *juniperi* (*Mémoires*, t. III, p. 34, 55, 57), Kaltenbach décrit aussi les mâles du *Lachnus quercus* comme dépourvus d'ailes, et d'après Leuckart (*Generationswechsel*, p. 5) ceux du *Schizoneura corni* se trouvent dans le même cas.

(4) Ratzeburg, *Fortgesetzte Beobachtungen über die Copula der Blattläuse* (*Stettiner entomol. Zeit.*, t. V, 1844, p. 410).

L'observation de Ratzeburg manque, par conséquent, de précision et ne saurait être invoquée, comme l'ont fait quelques auteurs, à l'appui de la thèse de la transformation des Pucerons vivipares en ovipares.

Le célèbre naturaliste anglais Newport s'est également préoccupé de cette question dans son travail intitulé : *Note on the Generation of Aphides* (1). Cherchant à la résoudre par la voie expérimentale, Newport choisit, au mois de novembre, deux mâles et deux femelles aptères parmi les individus d'une colonie de l'*Aphis rosæ* qui avaient déjà pondu un grand nombre d'œufs, et les plaça sur une branche de Rosier qu'il exposa à une température de 12 à 15 degrés centigrades. Au commencement de décembre, il constata que les femelles avaient mis bas des petits vivants, et il en conclut que ce sont les mêmes Pucerons qui, à certaines époques de l'année, engendrent des petits tout formés et à d'autres pondent des œufs.

Avant de discuter les conclusions de cette expérience, rapprochons-en d'abord une observation analogue que l'entomologiste de Heyden publia en 1857 (2), et qui est fréquemment invoquée par les partisans de la transformation génésique des Pucerons comme une des plus concluantes à l'appui de leur manière de voir. M. de Heyden annonça qu'après avoir assisté en automne à la naissance d'un individu mâle de l'espèce du *Lachnus quercus*, il constata qu'une vingtaine de grosses femelles toutes semblables à la mère du petit mâle précédent, et composant avec elle la colonie qu'il observait, portaient chacune sur leur dos un mâle qui ne différait en rien, excepté par la taille, de celui qui était venu au monde sous ses yeux. M. de Heyden crut pouvoir inférer de cette observation que les Pucerons jouent d'abord le rôle d'individus agames en mettant au monde des petits bien développés dont les derniers nés sont les mâles, et qu'ils se transforment ensuite en femelles

(1) Newport, *Note on the Generation of Aphides* (*Transact. of the Linnean Society*, t. XX, 1851, p. 281).

(2) C. v. Heyden, *Zur Fortpflanzungsgeschichte der Blattläuse* (*Stettiner entomol. Zeit.*, t. XVIII, 1857, p. 83).

véritables, lesquelles s'accouplent avec les mâles et pondent des œufs. Dans une note additionnelle à son Mémoire (1), de Heyden cite à l'appui de ce résultat l'observation de Ratzeburg sur l'*Aphis oblonga* dont il a été question plus haut. Mais nous avons vu que le fait observé par Ratzeburg était loin d'avoir le caractère de précision nécessaire pour pouvoir être invoqué comme une preuve de cette transformation. Par la même raison nous ne saurions attribuer plus de valeur aux résultats de de Heyden et de Newport, attendu que l'on sait depuis de Geer et Kyber que des Pucerons vivipares, ayant tous les caractères extérieurs des véritables femelles, coexistent très-fréquemment en automne avec ces dernières dans les colonies formées par ces Insectes, au moment de l'apparition des mâles (2). Il en résulte que, pour conclure que les femelles ovipares ne sont autre chose que des Pucerons vivipares transformés, il ne suffirait pas de s'en rapporter à une simple ressemblance extérieure, mais qu'il faudrait s'assurer encore, à l'aide d'une observation directe, que les femelles trouvées dans l'arrière-saison dans la compagnie des mâles ou accouplées avec ceux-ci sont bien les mêmes individus qui naguère mettaient au monde des petits vivants.

Or, cette condition n'a été remplie ni par Newport ni par de Heyden dans les observations relatées plus haut. Mais il y a plus : nous trouvons dans le Mémoire de Kyber, si riche en remarques de toute espèce concernant l'histoire physiologique des Pucerons, une expérience qui réalise exactement celle de Newport et faite avec la même espèce, l'*Aphis Rosæ*. Kyber plaça au commencement de l'hiver un certain nombre de mâles et de femelles de ce Puceron dans une chambre chauffée, et vit que ces dernières continuaient à pondre des œufs comme elles le faisaient en plein

(1) C. v. Heyden, *Nachtrag zur Fortpflanzungsgeschichte der Blattläuse* (*Stettiner entomol. Zeit.*, t. XIX, 1858, p. 72).

(2) On sait même, par les observations de Réaumur, de de Geer, de Kyber, et par celles plus récentes de Bouché, de Kaltenbach et d'autres naturalistes de notre époque, qu'un certain nombre de Pucerons agames survivent aux femelles ovipares après que celles-ci ont pondu leurs œufs, et que quelques-uns même hivernent sous différents abris pour se reproduire de nouveau au printemps par viviparité.

air, sans aucun mélange de petits vivants (1). Cette observation prouve donc que si la chaleur exerce une action non douteuse sur la propagation par viviparité en la prolongeant bien au delà de son terme naturel, tandis qu'un abaissement de température la fait cesser et la remplace par l'oviparité, le même agent est complétement incapable de produire le phénomène inverse, c'est-à-dire de faire succéder la reproduction solitaire et par des petits vivants à celle qui s'effectue par des œufs et avec le concours de l'élément mâle (2).

Tandis que les auteurs précédents ont cherché par des observations et des expériences sur les Pucerons vivants à résoudre la question si débattue de l'identité ou de la non-identité des deux sortes de femelles, d'autres naturalistes se flattèrent d'arriver plus facilement au même but par l'examen anatomique de leur appareil reproducteur. Observant en automne les colonies formées par le *Schizoneura corni* et l'*Aphis padi*, Leuckart (3) constata d'abord dans chacune des deux espèces trois sortes d'individus, savoir : des vivipares ailés, des ovipares et des mâles dont les uns étaient ailés et les autres aptères. Les individus vivipares se distinguaient déjà à première vue des ovipares par un tel ensemble de caractères qu'il était difficile de s'arrêter à la pensée que ceux-ci ne résultaient que d'une transformation des pre-

(1) Kyber., *loc. cit.*, p. 7.

(2) Mes recherches personnelles sur ce sujet m'ont conduit à des résultats qui confirment pleinement ceux de Kyber et qui sont même plus probants encore, car je ne me suis pas contenté de faire agir la chaleur sur des femelles adultes et qui avaient déjà commencé à pondre, mais je soumettais aussi à l'action de cet agent de jeunes larves femelles prises au moment de la naissance, ou même renfermées encore à l'état d'embryons dans le sein de leur mère et recevant par l'intermédiaire de celle-ci l'influence de la chaleur. Dans aucun cas je n'ai réussi à provoquer leur transformation en Pucerons vivipares; non-seulement leur appareil génital s'est développé d'après le type ordinaire qu'il présente chez la femelle fécondable, mais ses produits eux-mêmes étaient toujours évacués sous la forme d'œufs bien caractérisés et n'offraient jamais aucune trace d'un développement embryonnaire. Les embryons et les larves de mâles se développaient aussi, dans les mêmes conditions, suivant leur type normal, et ni leurs organes génitaux, ni leurs produits n'avaient subi aucune modification dans leur constitution.

(3) Leuckart, *Zur Kenntniss des Generationswechsels und der Parthenogenesis bei den Insecten*, 1858, p. 7.

miers, comme de Heyden croyait l'avoir établi pour le *Lachnus quercus*.

Poussant plus loin ses investigations, Leuckart s'assura, en outre, que la constitution de l'appareil reproducteur offrait des caractères non moins tranchés chez les deux sortes de Pucerons. Il n'observa notamment jamais ces formes intermédiaires indiquant le passage d'un type à l'autre, et qui ne devraient être rien moins que rares si la théorie de la transformation était fondée. Bien plus, l'examen des embryons femelles encore renfermés dans le corps de leur mère et celui des plus jeunes Pucerons du même sexe lui montrèrent que leur appareil génital présente déjà la même organisation que dans les autres femelles d'Insectes et ne renferme que des éléments cellulaires, dont quelques-uns peuvent déjà être caractérisés comme des rudiments d'œufs, au lieu des embryons contenus dans celui du jeune Puceron vivipare du même âge. Je dirai plus loin quelles sont les considérations physiologiques que Leuckart a basées sur ses observations, lorsque j'examinerai l'opinion suivant laquelle le mode de reproduction de ces Hémiptères ne serait qu'un cas particulier de génération alternante.

Un autre habile naturaliste de l'Allemagne, le professeur Leydig, a également donné pour fondement à ses vues sur les phénomènes génésiques des Pucerons les résultats de ses investigations anatomiques de ces animaux (1).

Disséquant des Pucerons au mois de novembre, c'est-à-dire à l'époque où la génération sexuelle remplace la génération solitaire et vivipare, Leydig dit avoir rencontré ces formes mixtes des organes générateurs, vainement cherchées par Leuckart, qui indiquent la transition de l'appareil vivipare à l'appareil ovipare. Le même ovaire offrait à la fois des gaînes dont les unes renfermaient des œufs inégalement développés, tandis que les autres contenaient des embryons à tous les stades de leur évolution. Leydig assure, en outre, que le réceptacle séminal, apa-

(1) Leydig, *Naturgeschichte der Daphniden*, 1860, p. 64 et suiv.; *Der Eierstock und die Samentasche der Insecten*, 1866, p. 79 et suiv.

nage ordinaire de toutes les femelles d'Insectes, considéré depuis M. de Siebold comme appartenant exclusivement à la femelle fécondable, existe aussi, bien que peu développé, chez le Puceron vivipare. S'appuyant d'une part sur ces résultats anatomiques, et d'autre part sur quelques-unes des observations biologiques de Kyber, l'éminent professeur de Tubingue conclut que les Pucerons vivipares ne peuvent être assimilés à des nourrices dans le sens de Steenstrup, puisque le même individu se reproduit successivement avec et sans le concours des sexes, et qu'à ce titre les Aphides doivent prendre place, non parmi les espèces généagénétiques, mais à côté des animaux, tels que les Daphnides, les Rotateurs et les Polypes d'eau douce, où les deux modes de multiplication sont également réunis sur un même individu. Je me contente pour l'instant de mettre en regard, sans les discuter, ces deux conclusions si opposées émanées de savants également habiles et consciencieux. Aussi bien, nous n'en avons pas encore fini avec les dissidences des physiologistes touchant la reproduction des Aphides, et il nous reste maintenant à aborder le côté par lequel notre sujet touche aux deux grandes doctrines entre lesquelles se partagent aujourd'hui presque tous les naturalistes dans leur mode d'appréciation de la nature de ces animaux, savoir la génération alternante d'une part, et la parthénogenèse d'autre part. Ici encore, nous aurons à enregistrer des divergences de vues non moins profondes que celles que nous avons rencontrées entre les partisans et les adversaires de la théorie de la transformation des Pucerons. Pour reprendre à son origine l'historique de notre question envisagée à ce nouveau point de vue, il nous faut remonter d'une trentaine d'années en arrière de l'époque actuelle.

En effet, c'est vers ce temps, c'est-à-dire entre les années 1835 et 1840 que les naturalistes commençaient à être mis en possession d'instruments d'optique assez parfaits pour leur permettre de se livrer plus fructueusement qu'on ne l'avait fait jusqu'alors à l'investigation anatomique de l'appareil génital des Aphides. Nous avons déjà mentionné les recherches entreprises dans cette direction par Léon Dufour, Dutrochet et M. Morren,

en France, par M. de Siebold, en Allemagne, et nous avons vu aussi que ces savants s'accordèrent à présenter cet appareil comme offrant des différences notables chez l'individu agamogénésique et la femelle fécondable. M. de Siebold, notamment, insista particulièrement sur le manque, dans l'appareil reproducteur du premier, du réservoir séminal qui joue un rôle si important dans la fécondation des œufs chez toutes les femelles d'Insectes, et signala, en outre, des différences non moins grandes dans la structure de l'organe chargé d'élaborer le germe chez les deux sortes d'individus reproducteurs de l'espèce. Ces résultats semblaient préparer tout naturellement les vues que le célèbre promoteur de la théorie des générations alternantes devait développer peu d'années après touchant le mode de reproduction des Aphides.

Préoccupé de rassembler le plus grand nombre de faits possible propres à étayer la doctrine nouvelle qu'il cherchait à faire entrer dans la science, Steenstrup n'hésita pas à ranger les Pucerons parmi les espèces qui se propagent par génération alternante. Pour le savant danois, les Pucerons vivipares ne sont plus, comme on l'admettait généralement avant lui, des larves prolifiques ou des femelles dont les organes générateurs s'éloignent plus ou moins du type normal, mais de véritables *nourrices*, chargées, dans la perpétuation de leur espèce, d'un rôle analogue à celui rempli par le scolex sorti de l'œuf d'une Méduse ou d'un Biphore. La seule restriction que Steenstrup apporte à cette manière de voir, c'est que ces nourrices d'Aphides sont les plus parfaites qui existent parmi les animaux, attendu que leurs germes sont renfermés dans des organes que l'on doit regarder comme des oviductes et un utérus (1).

En caractérisant de la sorte les phénomènes génésiques des Pucerons, il faut reconnaître que l'éminent naturaliste danois est loin d'avoir mis dans sa démonstration la même rigueur dont il a fait preuve en interprétant les faits physiologiques que lui avaient offerts les autres animaux dont il s'est occupé dans son

(1) Steenstrup, *Ueber den Generationswechsel*, 1842, p. 121 et 125.

ouvrage, faits qu'il a presque toujours complétés et éclairés par ses recherches personnelles, telles que celles concernant la multiplication des Méduses, des Biphores et des Trématodes. Pour les Aphides, au contraire, il s'est contenté de fonder sa manière de voir sur les connaissances fort imparfaites que l'on possédait alors touchant les organes générateurs de ces animaux, ainsi que sur certaines analogies plus apparentes que réelles que ceux-ci présentent dans leur reproduction avec les espèces si bien étudiées par Steenstrup.

Quoi qu'il en soit, cette interprétation fut reçue avec une faveur marquée par un grand nombre de physiologistes de notre temps, et M. de Siebold, entre autres, s'y associa pleinement dans son *Manuel d'anatomie comparée* (1). Il semblait, en effet, comme l'observe Leuckart, que cette question tant controversée eût reçu de la sorte sa solution la plus simple et en même temps la plus naturelle, et eût perdu tout son caractère exceptionnel par son rapprochement avec les faits constatés chez d'autres espèces animales.

Parmi les nombreux écrits provoqués par la publication du *Traité des générations alternantes* figure un travail de V. Carus dans lequel ce savant s'est proposé de combler plusieurs des lacunes qui existent dans les descriptions anatomiques de Steenstrup, notamment en ce qui concerne les Aphides (2). M. Carus espérait par là asseoir sur des bases plus solides l'interprétation que le naturaliste danois avait donnée du mode de reproduction de ces Insectes. Sa conclusion fut entièrement favorable aux vues de celui-ci. D'après M. Carus, il n'existerait, ni dans la structure des organes générateurs, ni dans la constitution des germes élaborés dans leur intérieur, de similitude entre les Pucerons vivipares et les Pucerons ovipares. Chez les derniers seulement, ces organes se rapprochent par leur forme et la nature de leurs produits de ce qui existe chez les autres femelles d'Insectes, tandis que, chez les premiers, ils ne contiennent que de

(1) Siebold, *Lehrbuch der vergl. Anat. der wirbellosen Thiere*, 1848, p. 643.
(2) V. Carus, *Zur näheren Kenntniss des Generationswechsels*, 1849, p. 20.

simples amas d'une matière granuleuse amorphe. En outre, suivant M. Carus, ces corps ont un autre mode de développement que les œufs proprement dits, et ne seraient notamment le siége d'aucun des phénomènes histogéniques qui se manifestent dans ceux-ci comme un résultat de la fécondation. M. Carus en déduit la conséquence que l'embryon des Pucerons vivipares n'est pas constitué, comme celui qui provient d'un œuf fécondé, par des cellules, mais par de simples granulations germinatives, semblables à celles qui forment la masse primitive dont il tire son origine.

Pour quiconque a examiné avec des grossissements suffisamment forts la structure des Pucerons vivipares ou de leurs embryons, ces assertions du savant professeur de Leipsig devaient paraître, de prime abord, d'une inexactitude évidente; aussi, Leydig n'eut-il pas de peine à démontrer que ces êtres sont formés d'éléments cellulaires tout comme ceux qui proviennent d'un œuf fécondé, et que ces éléments dérivent eux-mêmes d'une cellule primordiale naissant de la même manière que chez les autres femelles d'Insectes dans les chambres terminales de l'appareil reproducteur (1). Il renversa ainsi tout le système sur lequel M. Carus voulait faire reposer sa distinction entre les Pucerons agamiques et les Pucerons ovipares. Des objections analogues furent faites à cette théorie par d'autres savants (2), et celle-ci disparut de la science avant d'avoir rallié un seul partisan. Du reste, l'auteur ne tarda pas à reconnaître bientôt lui-même son erreur qu'il attribue à l'emploi de grossissements trop faibles, tout en maintenant la manière de voir qui lui avait fait assimiler la reproduction des Pucerons vivipares à un phénomène de gemmation interne (3).

(1) Leydig, *Einige Bemerkungen über die Entwickelung der Blattläuse* (*Zeitschrift für wissensch. Zool.*, t. II, 1850, p. 62).

(2) Waldo-Burnett, *Researches on the Development of Viviparous Aphides* (*Americ. Journ. of Science and Arts*, t. XVII, 1854, p. 62).

(3) V. Carus, *Einige Worte über Metamorphose und Generationswechsel* (*Zeitschr. für wissensch. Zool.*, t. III, 1851, p. 359); *Jahresbericht über die in den Jahren* 1849-1852 *auf dem Gebiete der Zootomie erschienenen Arbeiten*. 1856, p. 92.

Après cette tentative infructueuse de M. V. Carus pour venir en aide aux idées des Steenstrup, il devenait d'autant plus urgent d'être définitivement fixé sur la véritable nature des corps reproducteurs de ces Insectes, que les faits relatifs à l'existence d'une propagation sans accouplement préalable chez les animaux de cette classe commençaient à devenir de plus en plus nombreux, et qu'à l'exemple de MM. de Siebold et Leuckart on s'accordait généralement à les considérer comme des cas de véritable génération virginale ou parthénogenèse. On avait signalé des faits de cet ordre chez les Lépidoptères, les Hyménoptères, les Hémiptères eux-mêmes, dont plusieurs genres voisins des Pucerons, tels que les Coccus et les Chermes, paraissaient également offrir des exemples de *lucina sine concubitu*.

Il importait surtout d'avoir sur la constitution du produit agamogénésique et sur ses caractères différentiels avec l'œuf des notions plus positives que celles que l'on devait aux observations déjà anciennes de M. de Siebold ou aux recherches incomplètes de M. V. Carus Les arguments que M. Leydig avait fait valoir contre ce dernier ne concernaient que les Pucerons vivipares et ne se basaient pas sur une étude comparative de leurs corps reproducteurs avec ceux des Pucerons ovipares. Néanmoins, tels qu'ils étaient, ils parurent suffisamment probants à plusieurs naturalistes pour leur faire trancher dès ce moment la question dans le sens de la parthénogenèse (1), tandis que d'autres, frappés davantage de l'alternance périodique que présentent dans leur apparition les générations agames et les générations sexuées, continuaient à défendre la théorie de la reproduction par générations alternantes [de Siebold (2), Van Beneden (3), Waldo-Burnett (4)].

C'est à un tout autre point de vue que s'est placé M. R. Owen

(1) De Filippi, *Delle funzioni riproduttive degli animali*, 1856, p. 77.

(2) Siebold, *Wahre Parthenogenesis bei Schmetterlingen und Bienen*, 1856, p. 13.

(3) Van Beneden, *La génération alternante et la digenèse*, 1854.

(4) Waldo-Burnett, *Researches on the Development of Aphides* (*Proc. of the Amer. Assoc. for Adv. of Science*, VII Meet. (1853), 1856, p. 203-223; Silliman's *Amer. Journ.*, 2e série, t. XVII, 1854, p. 62-78; 261-262).

dans son interprétation de la question qui nous occupe. Partant de ce principe que toute reproduction, de quelque nature qu'elle soit, est toujours la conséquence immédiate ou médiate du concours d'un élément mâle avec un élément femelle, il explique la fécondité continue des Pucerons vivipares en supposant que l'œuf fécondé en automne par le mâle se résout en un amas d'éléments germinatifs ou cellules-germes, ainsi que M. Owen les désigne. Toutes les cellules-germes ne sont pas nécessaires pour la formation du corps de l'embryon ; quelques-unes d'entre elles restent intactes et incluses dans celui-ci, gardant pour ainsi dire à l'état latent la force prolifique que leur a communiquée la semence du mâle. Mais bientôt elles entrent en action pour produire un nouvel individu, lequel retient à son tour une portion de cet amas de matière plastique. Le même principe d'organisation immédiate et de mise en réserve continue à présider à l'emploi de cette masse germinative pendant un plus ou moins grand nombre de générations, jusqu'à ce qu'enfin une génération dernière plus parfaite, celle des individus sexués, épuise totalement la puissance prolifique déposée dans les cellules-germes. Une nouvelle fécondation devient alors nécessaire pour la renouveler et le cycle recommence et s'achève comme la première fois (1).

Il serait inutile de passer ici en revue toutes les objections qui ont été élevées contre cette explication ingénieuse (2) dont le moindre défaut est de rappeler à la fois l'ancienne théorie de l'emboîtement des germes et l'hypothèse de Trembley relative à l'action qu'une seule fécondation exerce sur plusieurs générations femelles successives. Combattue d'abord dans le pays même de son illustre auteur par Carpenter (3), Huxley (4), Allen

(1) Owen, *Lectures on Comparative Anatomy*, 1843 ; *On Parthenogenesis*, 1849, *passim*.

(2) Elle est notamment contredite par tous les résultats des expériences de Kyber, lequel a montré que la durée de la période vivipare est éminemment variable et dépend des conditions d'alimentation, de température et d'autres circonstances extérieures.

(3) Carpenter, *Medico-chirurgical Review*, 1848.

(4) Huxley, *On the Agamic Reproduction and Morphology of Aphis* (*Transact. of the Linnean Society*, t. XXII, 1858, p. 225).

Thompson (1), la théorie de M. Owen a rencontré aussi en France des adversaires non moins décidés en MM. de Quatrefages (2) et Milne Edwards (3).

Ainsi qu'on a pu s'en convaincre par ce rapide exposé du débat engagé entre les physiologistes au sujet du mode de reproduction des Pucerons, la question tendait de plus en plus à se concentrer sur un point unique, savoir si les germes des individus vivipares présentent, oui ou non, toutes les parties constitutives essentielles de véritables œufs. C'est à résoudre cette question que vont s'appliquer désormais tous les efforts des naturalistes à partir de l'époque à laquelle nous a conduit l'exposé historique de notre sujet.

Déjà nous avons vu que Leydig n'avait pu saisir aucune différence fondamentale dans la structure et le mode de formation de ces corps comparés avec les œufs qui ne se développent qu'après avoir reçu l'influence de l'élément mâle. Leuckart (4) confirme dans tous les points essentiels les résultats de Leydig et ses assertions acquièrent même plus de poids par la comparaison qu'il a pu établir entre le produit agamogénésique des Pucerons vivipares et l'œuf fécondable des femelles ovipares. Tous deux commencent par n'être dans le principe qu'une simple cellule dans laquelle des phénomènes organogéniques entièrement comparables préparent la formation du nouvel être. Toutefois, malgré cette concordance, Leuckart se refuse à désigner la cellule germinative des premiers sous le nom d'œuf, et se fonde pour cela, non pas seulement sur son aptitude à se développer en un embryon hors de toute influence fécondante, mais principalement sur l'état peu avancé de maturité qu'elle présente au moment où celui-ci s'organise dans son intérieur. En effet, à ce

(1) Allen Thompson, art. Ovum dans Todd's *Cyclopædia of Anatomy and Physiology*, t. V (Supplément), 1859, p. 38.

(2) De Quatrefages, *Métamorphoses de l'Homme et des Animaux*, 1862, p. 225 et suiv.

(3) Milne Edwards, *Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée de l'Homme et des Animaux*, t. VIII, 1865, p. 377.

(4) Leuckart, *Zur Kenntniss des Generationswechsels und der Parthenogenesis bei den Insekten*, 1858, p. 1-21.

moment, le germe est loin d'avoir atteint le développement dont il est susceptible et d'avoir rassemblé tous les matériaux nécessaires à l'accroissement de l'embryon, de sorte que l'histoire de son évolution coïncide pour ainsi dire avec celle de l'embryon lui-même. Au contraire, dans l'œuf destiné à être fécondé et pondu, ces deux processus sont séparés chronologiquement, car le rudiment du nouvel animal n'apparaît jamais avant que cet œuf ait complété la croissance de ses différentes parties constitutives. Or, toutes les propriétés qui viennent d'être signalées dans le germe de l'Aphis vivipare seraient précisément celles qui, d'après Leuckart, caractérisent aussi les corps reproducteurs connus sous le nom de spores ou de bourgeons caducs. Se fondant d'autre part sur ce que ses observations personnelles, confirmant celles anciennement faites par de Geer, ne lui ont jamais montré la transformation des individus agames en femelles ovipares, transformation qui n'a non plus jamais lieu dans les espèces qui se reproduisent par génération alternante, Leuckart conclut que les Aphides remplissent dès lors toutes les conditions de ces dernières espèces et que leur propagation doit être conséquemment interprétée comme un cas de génération alternante.

Dans la même année où le savant professeur de Giessen faisait paraître le travail où il développe ses vues sur ces animaux, un autre éminent zoologiste, M. Huxley, publia aussi un remarquable mémoire sur le même sujet (1). J'ajourne à un autre moment l'examen des faits anatomiques consignés dans le mémoire de Huxley, pour me borner, comme je l'ai fait pour les travaux précédents, à indiquer la conséquence générale que l'auteur en a tirée touchant la nature des générations intermédiaires d'Aphides qui seule est en litige ici. Après avoir étudié comparativement avec le plus grand soin le mode d'organisation de l'appareil génital et le développement des corps reproducteurs chez le Puceron agame et la femelle ovipare, Huxley signale la grande ressemblance que cet appareil présente chez l'un et chez

(1) Huxley, *On the Agamic Reproduction and Morphology of Aphis* (*Transact. of the Linnean Society*, t. XXII, 1858, p. 193).

l'autre, et ajoute « qu'il ne voit aucune objection valide contre la conclusion que le produit agamogénésique des Aphides se développe aux dépens d'un corps ayant exactement le même caractère que celui qui donne naissance à l'œuf véritable (1). Pour être entièrement semblable à celle de Leuckart, cette conclusion n'en conduisit pas moins Huxley à envisager autrement que ne l'avait fait le naturaliste allemand le germe agamogénésique. Huxley estime que, malgré la concordance des caractères anatomiques, il existe, au point de vue physiologique, de trop grandes différences entre celui-ci et l'œuf fécondable pour les comprendre sous un même nom; d'un autre côté, on ne saurait assimiler non plus le premier aux bourgeons caducs dont il s'éloigne trop par son mode de constitution, et il propose, en conséquence, de donner le nom de *fauæ-œuf*, ou *pseudovum*, au germe des individus vivipares, réservant celui d'œufs proprement dits aux corps reproducteurs des femelles fécondables.

Telle est aussi la conclusion à laquelle était arrivé, presque en même temps que Huxley, un autre éminent naturaliste, compatriote de ce dernier, M. Lubbock (2). De même que Huxley, M. Lubbock admet qu'il n'existe pas de différence essentielle dans la constitution des éléments génésiques des Pucerons, qu'ils se développent avec ou sans fécondation préalable. Le *pseudovum*, ainsi qu'il désigne d'après Huxley l'œuf parthénogénésique, est engendré dans le *pseudovarium* de la même manière que l'œuf ordinaire ou fécondable l'est dans l'ovaire. Pour rendre sa pensée plus saisissable, Lubbock établit entre ces deux corps le même rapport physiologique qu'entre l'œuf agamique et l'œuf éphippial ou fécondable des Daphnies dont il a si bien étudié la structure et le mode de développement (3).

Conduit, dans son attachant petit ouvrage sur les *Métamor-*

(1) « I see no valid objection to the conclusion that the agamic offspring of Aphis is » developed from a body of precisely the same character as that which gives rise to the » true egg.» (Huxley, *loc. cit.*, p. 211.)

(2) Lubbock, *On the Ova and Pseudova of Insects* (*Philos. Trans.*, 1859, p. 341.)

(3) Lubbock, *Account of the two Methods of Reproduction in Daphnia* (*Philos. Trans.*, 1857, p. 79).

phoses de l'homme et des animaux (1), à exposer et à discuter les travaux des deux naturalistes anglais précités, M. de Quatrefages accepte pleinement les résultats de leurs observations, mais plus il paraît convaincu du soin avec lequel ils ont décrit et figuré les objets qu'ils avaient sous les yeux, moins il se montre disposé à adopter la manière dont ils les ont interprétés. Là où MM. Huxley et Lubbock n'ont vu que des analogies, le savant professeur du Muséum ne constate que des différences, et s'appuyant sur les descriptions et les figures mêmes que les premiers ont données des corps reproducteurs des Pucerons vivipares, il conclut que ces corps n'ont pas les caractères fondamentaux de véritables œufs, mais rappellent davantage les bourgeons caducs par lesquels se multiplient un grand nombre d'espèces animales inférieures. La conclusion de M. de Quatrefages est que la reproduction des Aphides n'est autre chose qu'un phénomène de généagenèse.

M. Claus, professeur à l'université de Marbourg (2), est l'auteur des plus récentes études sur les organes reproducteurs des Pucerons. Pour la partie anatomique de son travail, ses résultats concordent presque entièrement avec ceux de Leydig et de Leuckart, et surtout avec les observations de Huxley et de Lubbock. Quant aux déductions physiologiques qu'il en a tirées, M. Claus professe une manière de voir en quelque sorte éclectique, en ce qu'elle tient le milieu entre la théorie de la génération alternante et celle de la parthénogenèse. D'après lui, les Pucerons sont bien, quant à leurs générations agames, des femelles parthénogénésiques, mais dont l'organisation est plus spécialement adaptée à ce mode de multiplication que celle des autres femelles d'Insectes également aptes à se reproduire sans le concours du mâle. D'un autre côté, ils touchent aux espèces franchement généagénétiques par l'alternance régulière que présentent dans leur succession les individus sexués et les géné-

(1) De Quatrefages, *Métamorphoses de l'Homme et des Animaux*, 1862, p. 281 et suiv.

(2) Claus, *Beobachtungen über die Bildung des Insecteneies* (*Zeitschrift für wissensch. Zool.*, t. XIV, 1864, p. 42); *Grundzüge der Zoologie*, 1868, p. 293.

rations agames intermédiaires, et réalisent ainsi une des lois fondamentales de ce dernier mode de propagation. En un mot, les Pucerons combinent les conditions des espèces parthénogénésiques et celles des animaux à généagenèse, ou, si l'on aime mieux, établissent le passage des premières aux seconds.

Avant de clore cette longue revue historique des travaux et des discussions des naturalistes concernant la propagation des Aphides, revue que nous avons conduite depuis l'époque de Réaumur et de Bonnet jusqu'à la nôtre, il nous reste à signaler une dernière explication, laquelle, bien que remontant à une époque déjà assez éloignée, n'en mérite pas moins une mention particulière à raison de la célébrité du nom de son auteur.

Je veux parler de l'hypothèse de l'hermaphrodisme de l'œuf, émise pour la première fois, en 1828, par l'illustre embryologiste de Baer (1). M. de Baer supposait que le germe des Pucerons vivipares était à la fois mâle et femelle, et que ce caractère androgyne s'y développait sous l'influence d'une température élevée, tandis qu'une température basse avait pour effet d'opérer la séparation des sexes et leur répartition sur des individus différents. On sait que la même explication a été reproduite de nos jours par M. Barthélemy pour rendre compte de la fécondité de certains Papillons dont les œufs se développent sans avoir reçu l'action de l'élément mâle (2).

Telles sont les phases qu'a traversées la question de la reproduction des Aphides depuis les premiers observateurs jusqu'à nos jours. Malgré le nombre et l'importance des travaux qu'ils ont suscités depuis près d'un siècle et demi, les faits découverts par Bonnet, bien qu'éclairés dans beaucoup de points importants, attendent encore leur explication définitive. A chaque découverte nouvelle qui a réalisé un progrès notable dans l'état de nos connaissances générales relatives à la multiplication des êtres vivants, on a cru toucher à la solution du problème, mais

(1) C. E. v. Baer, *Ueber Entwickelungsgeschichte der Thiere*, 1re partie, 1828, Scholie 2e, p. 152.

(2) Barthélemy, *Études et considérations sur la parthénogenèse* (*Ann. des sc. nat.*, 4e série, t. XII, 1859, p. 307).

aucune des interprétations qui en ont été successivement proposées n'a obtenu l'assentiment unanime des physiologistes, et nous voyons ceux-ci divisés encore en deux camps, dont l'un comprend les partisans de la génération alternante des Pucerons et l'autre ceux de leur parthénogenèse. Ainsi, nous trouvons parmi les premiers, outre les savants dont nous avons fait connaître plus haut la manière de voir, MM. Milne Edwards (1), Pagenstecher (2), Gegenbaur (3), etc., et parmi les seconds MM. Allen Thompson (4), Carl Vogt (5), Gerstaecker (6), Oscar Schmidt (7), Ernst Haeckel (8), etc.

C'est au milieu de cette divergence des opinions que, dans un travail présenté à l'Académie des sciences en 1866 (9), je crus devoir revenir à la plus ancienne des explications imaginées au sujet du mode de reproduction des Pucerons, savoir, celle de l'androgynisme que soutenaient jadis Leeuwenhoek, Cestoni, Réaumur et quelques autres observateurs de la même époque. Cette interprétation était basée sur une étude attentive des premières phases du développement embryogénique de ces animaux et m'apparaissait comme la seule déduction légitime à tirer des faits qui s'étaient offerts à mon observation. Il n'est pas inutile de rappeler sommairement ici les résultats auxquels j'étais déjà parvenu dès cette époque, c'est-à-dire plusieurs mois avant la publication d'un mémoire de M. Mecznikow, intitulé : *Études*

(1) Milne Edwards, *Leçons sur la physiologie et l'Anatomie comparée de l'Homme et des Animaux*, t. VIII, 1865, p. 375.

(2) Pagenstecher, *Ueber das Gesetz der Erzeugung der Geschlechter bei den Pflanzen, den Thieren und dem Menschen* (*Zeitschr. für wissensch. Zool.*, t. XIII, 1863, p. 545).

(3) Gegenbaur, *Grundzüge der vergl. Anat.*, 1859, p. 283.

(4) Allen Thompson, art. Ovum (Todd's *Cyclopædia of Anat. and Physiol.*, t. V, 1859, p. 33).

(5) Carl Vogt, *Zoologische Brief*, t. I, 1851, p. 569.

(6) Gerstäcker, dans Peters, V. Carus und Gerstäcker, *Handbuch der Zoologie*, t. II, 1863, p. 38.

(7) O. Schmidt, *Handbuch der vergl. Anat.*, 1865, p. 215.

(8) E. Haeckel, *Generelle Morphologie der Organismen*, t. II, 1866, p. 56.

(9) Balbiani, *Sur la reproduction et l'embryogénie des Pucerons* (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LXII, 1866, p. 1231-1235, 1285-1289, 1390-1394.

embryologiques sur les Insectes (1), mémoire qui, entre autres recherches concernant le développement de divers animaux de cette classe, renferme aussi une description circonstanciée de l'évolution des Aphides vivipares. Je n'aurais pas songé à soulever ici cette question de priorité, spécialement en ce qui concerne la première description détaillée des phases les plus précoces et en même temps les plus caractéristiques de l'embryologie de ces Hémiptères, si, dans un travail critique récemment publié par M. Claparède (2), ce savant n'avait pas présenté un historique de la question qui semble attribuer à M. Mecznikow la priorité de cette description, et contre lequel je crus devoir immédiatement protester en rappelant les dates de nos publications respectives (1).

Dans mon travail précité, j'ai étudié d'une manière comparative le mode de développement et la constitution des corps reproducteurs chez les Pucerons vivipares et les femelles ovipares, et j'étais arrivé à ce résultat, annoncé déjà par plusieurs de mes prédécesseurs, qu'il n'existait aucune différence essentielle entre l'œuf agamogénique et l'œuf fécondable. Mais ce qui n'avait pas encore été décrit jusqu'alors, c'est le véritable mode de formation de ces corps. Je montrai qu'il existe dans la chambre supérieure des gaînes de l'appareil génital, soit chez le Puceron vivipare, soit chez l'ovipare, une cellule centrale entourée d'autres cellules plus grandes et communiquant avec la première par des pédoncules ou prolongements canaliculés. La cellule centrale et les cellules périphériques ont des propriétés physiologiques différentes. La première seule est chargée d'émettre, par un phénomène de bourgeonnement, des cellules-filles, ou ovules, destinées à se développer dans les chambres ovariques inférieures soit en un œuf, soit en un embryon, tandis que les secondes demeurent stériles et n'ont

(1) Mecznikow, *Embryologische Studien an Insecten* ; *die Entwickelung der viviparen Aphiden* (*Zeitschrift für wissensch. Zool.*, t. XVI, 1866, p. 437).

(2) Claparède, *Note sur la reproduction des Pucerons* (*Ann. des sc. nat.*, 5e série, t. VII, 1867, p. 21).

(2) Balbiani, *Remarques sur la note précédente* (*ibid.*, p. 30).

d'autre fonction que de fournir à la cellule-mère les matériaux nécessaires à l'entretien de son activité génésique. L'ovule ainsi produit grossit et apparaît d'abord au bas de la chambre germinale, puis se forme une loge indépendante qu'un étranglement de plus en plus prononcé sépare de la chambre supérieure. Par sa partie supérieure pédonculée, cet ovule reste en communication avec la cellule-mère et reçoit par son intermédiaire les matériaux élaborés dans les cellules nourricières entourant celle-ci, mais, suivant qu'il doit en résulter un œuf ou un embryon, ces connexions persistent ou disparaissent au contraire de bonne heure. Examinons d'abord ce qui se passe dans ce dernier cas. Aussitôt que l'ovule a perdu ses connexions avec les cellules de la chambre germinative, il devient le siége des modifications qui annoncent à l'ordinaire le début du travail embryogénique, c'est-à-dire il s'y forme un blastoderme. Je n'insisterai pas ici sur le mode de constitution de cette membrane celluleuse, attendu que je me propose d'y revenir avec détail dans une autre partie de ce mémoire. Je dirai seulement qu'une fois constitué, le blastoderme forme une couche non interrompue s'étendant sur toute la surface de l'œuf et composée d'une rangée unique de cellules. Pendant sa formation, l'œuf a passé de la forme sphérique qu'il avait primitivement à celle d'un ovale et présente, par conséquent, à considérer deux pôles : l'un antérieur, dirigé vers la chambre germinale, l'autre postérieur, tourné vers l'orifice externe de l'appareil génital. Bientôt les cellules avoisinant le pôle postérieur s'écartant les unes des autres, il en résulte dans le sac blastodermique une ouverture à travers laquelle la masse vitelline centrale fait hernie. Cette masse est entourée elle-même d'une membrane d'enveloppe très-fine et sans structure, et paraît avoir tous les caractères d'une vraie cellule; nous la désignerons néanmoins sous le nom plus général de vésicule, pour ne pas préjuger sa nature. La vésicule vitelline se confond avec l'épithélium de la loge ovarique, puis se divise en deux vésicules secondaires dont chacune devient l'origine d'un groupe particulier de cellules. Ces deux groupes constituent le rudiment de l'appareil androgyne du Puceron vivipare; effec-

tivement, l'un représente la masse commune des éléments femelles (cellules des chambres germinales de l'ovaire), et l'autre celle des éléments mâles ou cellules spermatiques primordiales. Par les progrès du développement, ils se divisent chacun en deux groupes secondaires pour les deux moitiés du corps; mais tandis que la division s'arrête là pour le groupe mâle, dans le groupe femelle, chaque moitié se subdivise encore en autant de petits amas particuliers qu'il y aura de gaînes à l'ovaire du côté correspondant. Les cellules mâles se distinguent aussi bientôt des cellules femelles par leur coloration verte ou jaune verdâtre, due à leur pénétration par de fines granulations pigmentaires. Il se produit en outre, de très-bonne heure, dans leur intérieur, une multitude de petites cellules-filles, remplacées plus tard par des corpuscules irréguliers, d'apparence amiboïde, plus rarement bacilliforme, qui sont les éléments fécondateurs du Puceron vivipare.

Dans le travail que j'analyse ici, j'indique ensuite la manière dont l'embryon prend naissance dans l'intérieur de cet ovule, qui ne renferme encore que les deux masses sexuelles précédentes enveloppées par le sac blastodermique. Je montre qu'à la différence de ce qui a lieu chez les autres Insectes, où l'embryon tout entier se produit par une simple différenciation du blastoderme, chez les Aphides, celui-ci ne contribue que pour une faible part à sa formation, part limitée aux lames procéphaliques, tandis que dans tout le reste de son étendue le blastoderme se convertit en une membrane celluleuse mince qui forme une enveloppe spéciale autour de l'embryon. Quant à ce dernier, c'est par un procédé tout particulier qu'il prend naissance chez les Aphides, c'est-à-dire par l'organisation d'une lame celluleuse qui s'élève en bourgeonnant du bord de l'orifice situé au pôle postérieur du blastoderme, remonte contre la paroi interne de la cavité formée par celui-ci et se recourbe plusieurs fois sur lui-même pour constituer les différentes divisions de l'embryon.

Je décris ensuite rapidement les principales phases du développement embryonnaire, les modifications de forme et de situation que subissent les masses sexuelles et la manière dont

celles-ci contractent des connexions avec l'être nouveau qui s'est constitué d'une façon tout à fait indépendante autour d'elles.

Passant ensuite à la description des phénomènes embryologiques des Pucerons ovipares ou dioïques, j'insiste sur ce fait que ceux-ci ne sont autre chose que des Pucerons vivipares dont les organes générateurs ont subi une transformation à une période encore très-peu avancée de leur évolution. Je fais voir par quelle série de modifications l'appareil génital passe de la forme hermaphrodite à la forme dioïque, et comment le testicule du Puceron mâle et l'ovaire du Puceron femelle ne sont l'un et l'autre que des modifications d'un seul et même type fondamental, savoir, de la partie femelle de l'appareil androgyne des individus vivipares. Quant à la partie mâle du même appareil, je montre qu'il passe, sans subir aucun changement, dans les individus sexués, mais qu'il ne paraît conserver ses propriétés physiologiques que chez la femelle seulement, tandis que chez le mâle il persiste comme un simple témoin d'une condition organique primitive. Toutefois, chez la femelle, son rôle est considérablement restreint et se borne à provoquer dans l'œuf le développement des organes générateurs de l'embryon, organes qui, de même que chez le Puceron vivipare, se forment d'une manière complétement indépendante de l'embryon et avant l'apparition de celui-ci (1).

Tels sont les principaux résultats consignés dans mon mémoire communiqué à l'Académie des sciences en 1866. Trois mois avant son insertion dans les *Comptes rendus*, M. Mecznikow avait publié dans le *Journal de zoologie scientifique* de MM. de Siebold et Koelliker une courte notice sur l'embryologie des

(1) Je ne me dissimule pas que les faits que je rappelle ici d'une manière sommaire, et qui se trouvent déjà indiqués dans mon premier travail sur l'embryogénie des Pucerons, s'éloignent considérablement de toutes les idées reçues touchant la signification des organes génitaux et leurs relations avec l'organisme individuel. Je reviendrai plus tard avec détail sur ces questions, et j'essayerai alors de montrer comment ces faits en apparence si anormaux rentrent dans les lois génésiques ordinaires des êtres vivants, lorsqu'on envisage celles-ci d'un point de vue plus élevé et plus général qu'on n'a coutume de le faire.

Hémiptères qui contient aussi quelques faits touchant le développement des Aphides vivipares (1). La description, très-concise d'ailleurs, que M. Mecznikow donne de ces phénomènes, peut se résumer de la manière suivante : Les noyaux des cellules blastodermiques résultent de divisions successives de la vésicule germinative et le contenu de ces cellules se forme aux dépens du protoplasma vitellin. Le blastoderme une fois formé, ses cellules se multiplient activement au pôle postérieur et déterminent en ce point la formation d'une petite éminence qui s'accroît rapidement en hauteur. Pendant ce temps, le vitellus s'est contracté et réduit à une petite masse réfringente qui ne joue aucun rôle actif dans le cours de l'évolution. Il est bientôt suppléé par un corps de nouvelle formation résultant de la multiplication d'une cellule particulière qui se distingue par sa couleur jaune au milieu des autres cellules de l'éminence du pôle postérieur. Celle-ci est le rudiment de l'embryon, tandis que le corps jaune est désigné par M. Mecznikow sous le nom de vitellus secondaire, parce qu'il le croit destiné à suppléer dans ses fonctions le vitellus primaire devenu inerte. L'embryon et sa masse vitelline s'accroissent en même temps et s'élèvent jusqu'au pôle antérieur du *pseudovum* (c'est ainsi que M. Mecznikow désigne d'après Huxley l'œuf agamogénésique). Ils sont d'abord entourés de toutes parts par le blastoderme, mais bientôt celui-ci est perforé à son sommet et le vitellus secondaire passe tout entier à l'extérieur. Le rudiment embryonnaire se recourbe dans le sens de sa longueur et continue à s'accroître de manière à n'être plus entouré qu'à sa partie inférieure par le blastoderme. Lorsque les différentes parties de l'embryon commencent à se dessiner, on constate que le blastoderme n'y participe que pour la formation des lames céphaliques (*Scheitelplatten*).

L'auteur décrit ensuite rapidement quelques-uns des stades du développement embryogénique, se réservant de revenir plus amplement sur tous ces faits dans un mémoire détaillé sur le même sujet. Il espère aussi alors pouvoir étudier plusieurs

(1) Mecznikow, *Untersuchungen über die Embryologie der Hemipteren* (*Zeitschrift für wissensch. Zool.*, t. XVII, 1866, p. 128).

points de ces phénomènes qui ne lui ont pas paru suffisamment éclaircis par ses premières observations.

Tout en reconnaissant le caractère provisoire du travail précité de M. Mecznikow, je ne puis m'empêcher de remarquer qu'il n'y fait aucune allusion aux organes générateurs de l'embryon, et qu'il y a lieu de conclure de son silence à cet égard qu'il n'a pas constaté leur existence, car, dans le cas contraire, il n'eût certainement pas omis sciemment de parler du fait le plus caractéristique peut-être du développement des Aphides, c'est-à-dire l'apparition précoce de ces organes précédant celle de l'embryon lui-même. En effet, s'il est constant, d'une part, que le corps qu'il désigne sous le nom de « masse jaune » est le même que j'ai décrit comme l'organe mâle du Puceron vivipare, d'un autre côté, il en saisit la signification d'une façon toute différente, comme l'indique de reste la dénomination de vitellus secondaire qu'il lui applique. Quant à l'ovaire du même Puceron, M. Mecznikow ne le mentionne pour la première fois que dans le mémoire plus circonstancié qu'il a publié dix mois après son premier travail (1).

Je n'analyserai pas ici cette seconde publication de M. Mecznikow sur laquelle j'aurai fréquemment l'occasion de revenir par la suite ; il me suffira de dire que l'auteur y maintient la plupart de ses précédentes assertions, notamment en ce qui concerne l'organe coloré en vert ou en jaune de l'embryon, qu'il continue à désigner sous le nom de vitellus secondaire. Il y décrit, comme je viens de le dire, pour la première fois l'appareil génital, dans lequel il ne voit, suivant la dénomination de Huxley, qu'un *pseudovarium*, indiquant ainsi clairement qu'il partage l'opinion généralement admise de l'agamogénésie des Pucerons vivipares et qu'il interprète celle-ci comme un phénomène de parthénogenèse, à l'exemple de Huxley, de Lubbock et de quelques autres naturalistes.

Bien que mes recherches personnelles m'aient conduit à une conclusion toute différente et que nous différions en outre dans

(1) Mecznikow, *Embryologische Studien an Insecten ; die Entwicklung der viviparen Aphiden* (*Zeitschr. für wissensch. Zool.*, t. XVII, 1866, p. 437).

l'interprétation de plus d'un fait de détail, je ne puis m'empêcher de rendre justice aux travaux de M. Mecznikow et de reconnaître l'importance des faits dont il a enrichi nos connaissances relatives à l'embryologie des Insectes. Néanmoins, il me sera permis de regretter que ce naturaliste n'ait pas cherché à corroborer ses vues sur la nature des Pucerons en démontrant l'inexactitude des miennes, et qu'il ait même omis de citer mes propres recherches à ce sujet, quoique antérieures de six mois à la publication de ses *Études embryologiques*. Il est vrai de dire qu'un autre savant s'est chargé depuis de réparer cette omission, mais, malgré son incontestable talent, il est évident qu'il ne pouvait pas le faire avec la même autorité que M. Mecznikow lui-même. Je fais allusion ici à un travail publié, en janvier 1867, dans les *Annales des sciences naturelles*, et dont l'auteur est M. Ed. Claparède (1). M. Claparède se pose comme arbitre entre les deux théories mises en présence par les travaux de M. Mecznikow et les miens, entre la thèse de l'agamogénésie et celle de l'hermaphrodisme des Pucerons vivipares. Mais dédaignant le rôle de simple critique, il a voulu intervenir d'une manière plus active dans le débat et vérifier par lui-même les faits sur lesquels étaient basées nos conclusions respectives. Quelques recherches entreprises sur une seule espèce, le Puceron du Rosier, suffirent à cet observateur habile pour se former une conviction dans cette délicate question, et il déclara hautement qu'il se ralliait à l'opinion de M. Mecznikow et que la théorie de l'hermaphrodisme était de tous points insoutenable. Mais en émettant ce jugement, M. Claparède l'a-t-il au moins basé sur des résultats nouveaux, déduits de ses recherches personnelles, et tels qu'on était en droit de les attendre d'un naturaliste aussi distingué explorant un sujet encore peu étudié? Il n'en est rien. M. Claparède s'est presque toujours contenté de suivre pas à pas les descriptions de M. Mecznikow, donnant une approbation entière à tous ses résultats, confirmant toutes ses interprétations, même celle du corps désigné par M. Mecznikow sous le nom de vitellus

(1) Claparède, *Note sur la reproduction des Pucerons* (*Ann. des sc. nat.*, 5e série, t. VII, 1867, p. 21.

secondaire. Or ce corps est précisément celui sur lequel il eût été le plus désirable d'obtenir des renseignements nouveaux, car c'est sur sa signification réelle que repose toute la dissidence de nos vues respectives concernant le mode de reproduction des Aphides. Cependant, tout en regrettant que les observations de M. Claparède n'aient rien ajouté à cet égard aux affirmations de M. Mecznikow, je ne méconnaîs pas le surcroît de force que celles-ci reçoivent de la confirmation que leur apporte le savant naturaliste de Genève. Malgré cela, je n'hésite pas à avancer qu'ils se sont trompés l'un et l'autre en soutenant une manière de voir dont les côtés faibles sont si faciles à faire toucher du doigt, ainsi que j'espère le montrer dans un instant.

Quoi qu'il en soit, si, pour combattre les conclusions de mon travail, M. Claparède s'était toujours contenté d'invoquer les observations de M. Mecznikow ou les siennes propres, j'aurais pleinement reconnu son droit de faire triompher ses idées en démontrant la fausseté de celles qu'on lui oppose. Malheureusement il ne s'en est pas toujours tenu là, et je me vois, à mon grand regret, obligé de repousser quelques-unes de ses critiques comme fondées sur un mode d'argumentation dont la légitimité me semble tout aussi contestable qu'elle l'a paru à d'autres de nos confrères (1). Dénaturant le sens de mes assertions, M. Claparède me fait souvent dire le contraire de ce que j'ai soutenu dans le fait, ou me prête des opinions que je n'ai jamais exprimées. Je suis certes bien éloigné de vouloir élever aucune accusation contre la bonne foi de ce savant que j'ai été plus d'une fois à même d'apprécier dans des circonstances antérieures toutes personnelles, aussi je n'en ai que d'autant plus de peine à m'expliquer les méprises vraiment inconcevables qu'il commet en rendant compte de mes observations et des déductions que je me suis cru en droit d'en tirer.

Quelques exemples suffiront pour justifier ce que j'avance ici. Ainsi, M. Claparède soutient que je fais dériver du blastoderme

(1) Voyez de Quatrefages, *Observations sur une brochure* de M. Ed. Claparède, intitulée : *De la structure des Annélides* (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LXVI, 1868, p. 113).

les éléments générateurs de l'embryon, tandis qu'il résulte très-clairement, au contraire, de ma description du mode de production de ces éléments que le blastoderme y reste complétement étranger. A propos d'un autre résultat de mes recherches relatif à la naissance des ovules par gemmation d'une cellule-mère occupant le centre des chambres germinatives de l'ovaire, il me représente comme un partisan déclaré de la théorie de M. Robin touchant la production des cellules blastodermiques par bourgeonnement à la surface du vitellus. J'avoue ne pas bien saisir la connexité qui existe dans l'esprit de M. Claparède entre ces deux faits bien distincts d'organogenèse. D'ailleurs ce n'est pas la première fois qu'il est question dans la science d'un pareil mode de formation des ovules, car déjà Meissner (1), en 1854, avait décrit d'une manière très-analogue la manière dont ceux-ci se produisent chez le *Mermis albicans*. D'après ce qui précède, il est inutile de dire que M. Claparède ne voit dans toute mon exposition de la formation du blastoderme chez les Aphides qu'une pure application des idées de M. Robin sur le blastoderme des Articulés. Si mon honorable critique voulait bien prendre la peine de relire avec plus d'attention ce qui, dans mon travail, est relatif à ce sujet, peut-être verrait-il, non sans étonnement, que ma description se rapproche beaucoup plus de celle qu'il trace lui-même de la production de cette couche organisable chez les Araignées (2), que de celle qu'en donne M. Robin chez les Diptères (3).

Je passe plusieurs autres assertions du même genre que contient la note de M. Claparède pour arriver immédiatement à ce qui se rapporte à l'organe coloré ou la « masse verte », comme M. Claparède le désigne. Nous avons vu qu'il lui dénie d'une manière absolue tous les caractères anatomiques et physiolo-

(1) Georg Meissner, *Beiträge zur Anatomie und Physiologie von Mermis albicans* (*Zeitschr. für wissensch. Zool.*, t. V, 1854, p. 262).

(2) Claparède, *Recherches sur l'évolution des Araignées*, 1862, p. 7.

(3) Ch. Robin, *Mémoire sur la production du blastoderme chez les Articulés* (*Journal de la physiologie de l'Homme et des Animaux*, publié par Brown-Séquard, t. V, 1862, p. 348.

giques d'un organe de reproduction pour se rattacher complétement à l'interprétation de M. Mecznikow, suivant lequel ce corps n'est qu'une masse de substance nutritive destinée à être absorbée dans le cours de l'évolution. Un premier point sur lequel nous sommes d'accord tous les trois, c'est celui qui concerne la structure entièrement celluleuse de ce corps, mais il y a dissentiment dès qu'il s'agit d'interpréter les petits éléments renfermés dans l'intérieur des cellules de la masse verte. J'ai caractérisé ces éléments comme leurs cellules-filles et je les ai rattachés directement à la formation des corpuscules séminaux des Aphides vivipares. M. Claparède ne veut y voir que des granulations vitellines homogènes et s'appuie sur ce que, aidé des meilleures et des plus puissantes lentilles, il n'a pas réussi à y constater la présence d'un noyau. Je ne disconviens pas que la petitesse et la pâleur de ces éléments ne rendent effectivement cette constatation assez difficile, mais elle n'est pas au delà de nos moyens d'investigation, car il suffit de joindre à des grossissements suffisants l'action d'une simple goutte d'acide acétique dilué pour faire apparaître aussitôt l'élément cellulaire dont le savant précité conteste l'existence.

A plus forte raison, M. Claparède se refuse-t-il à considérer comme des éléments normaux les petits corps amiboïdes ou bacilliformes dont j'ai dit que se remplissaient à un moment donné les grands utricules de la masse verte, et que j'ai décrits comme étant les corpuscules fécondateurs de l'appareil androgyne du Puceron vivipare. M. Claparède affirme sans autres preuves que j'ai eu affaire à un état morbide et que j'ai pris pour des corpuscules séminaux les productions parasitaires qui envahissent quelquefois les organes de ces animaux. Il ajoute qu'à Naples le Puceron du Rosier, qui lui a servi pour ses études, est souvent infesté de Mucédinées parasites. J'ai examiné moi-même un trop grand nombre d'individus de cette espèce ainsi que de beaucoup d'autres pour ignorer que ces Hémiptères ne sont pas moins exposés dans le climat de Paris que sous celui de Naples à être envahis par des Champignons parasites, des psorospermies ou d'autres productions végétales analogues, dont ils ne sont pas plus à l'a-

bri qu'un grand nombre d'autres espèces animales fort différentes. Je sais notamment aussi qu'il en est résulté plus d'une fois des méprises par suite desquelles ces productions accidentelles ont été décrites comme étant les corpuscules séminaux de ces espèces lorsqu'elles s'étaient développées dans l'intérieur des organes de la génération. J'ai eu moi-même autrefois l'occasion de montrer à M. Claparède ainsi qu'à plusieurs autres naturalistes l'illusion dont ils avaient été victimes dans un cas de ce genre (1). J'ai donc dû me prémunir contre le danger de tomber à mon tour dans une erreur semblable. Indépendamment des preuves tirées de l'observation directe du développement des corpuscules que je regarde comme les éléments fécondateurs des Pucerons vivipares, j'ai eu recours, pour m'éclairer sur leur constitution chimique, à l'emploi des réactifs, notamment des solutions alcalines concentrées qui constituent, comme on sait, un excellent moyen pour reconnaître les organismes de provenance végétale. Or, j'ai signalé la rapide solubilité des corpuscules dont il s'agit dans ces solutions, à la différence des filaments de Mucédinées et des autres organismes végétaux qui leur opposent une résistance absolue. Au lieu de rappeler ces faits qui répondaient à l'avance à son objection tirée d'une confusion possible des petits corps en question avec des parasites de cette nature, M. Claparède préfère me chercher une simple querelle de mots au sujet de l'expression d'amiboïdes que j'ai cru pouvoir appliquer aux corpuscules fécondateurs des Pucerons, prétextant qu'elle implique une contradiction avec la remarque que ces corpuscules ne m'ont pas paru modifier leur forme sous le microscope. Par cette qualification, j'ai voulu simplement donner une idée de la forme irrégulière de ces corps, laquelle rappelle, en effet, assez bien celle de certaines petites Amibes pendant la marche, sans chercher à étendre cette comparaison jusqu'à leur attribuer la faculté même de se mouvoir à la manière de ces organismes microscopiques. M. Claparède ne sait-il pas d'ailleurs mieux que personne que les corpuscules séminaux

(1) Balbiani, *Recherches sur les phénomènes sexuels des Infusoires* (*Journal de physiologie* de Brown-Séquard, t. IV, 1861, p. 509).

des Vers nématoïdes, qu'il appelle amœbiformes avec tous les autres naturalistes qui les ont étudiés, ne sont pas toujours doués de motilité, et que l'épithète précédente ne leur est souvent appliquée qu'à raison de leur aspect seulement (1)?

Je ne puis quitter la note de M. Claparède sans relever encore une opinion toute gratuite qu'il me prête au sujet de la prétendue disparition de la masse verte après la naissance. Il va même jusqu'à dire que j'insiste à dessein sur cette disparition afin de rendre plus probable son rôle d'organe générateur mâle! Mais loin de faire disparaître ce corps à une époque quelconque de l'évolution, je dis, au contraire, en propres termes, qu'on le retrouve à toutes les périodes du développement embryonnaire et même après la naissance. Bien plus, je partage entièrement l'opinion de M. Claparède lorsqu'il affirme que la masse verte « persiste toute la vie durant à côté du corps graisseux ». Mais j'avoue ne pas bien saisir la valeur de l'argument qu'il tire du fait de cette persistance pour combattre mon interprétation de la masse verte. C'est, il me semble, l'opinion opposée, celle de sa disparition précoce, que m'attribue M. Claparède qui serait contraire à ma propre manière de voir à ce sujet, puisque, comme chacun sait, de nouveaux embryons se forment sans cesse dans l'appareil génital des Pucerons vivipares et que j'admets que les germes dont ils proviennent ont besoin d'être fécondés dans le corps de la mère pour être aptes à se développer. Mais, en outre, comment M. Claparède ne s'aperçoit-il pas que cette persistance de la masse verte, sur laquelle il insiste tant lui-même, est l'objection la plus forte que l'on puisse élever contre sa propre interprétation de ce corps? En effet, qu'est-ce qu'un vitellus, primaire ou secondaire, peu importe, sinon une provision de substance assimilable destinée à être absorbée dans le cours de l'évolution? La conséquence de cette définition, il n'est pas besoin de le faire remarquer, est une diminution graduelle et finalement une disparition totale de ce dépôt de substance nutritive, sinon au moment de la naissance, du moins peu de temps après. Or, rien

(1) Claparède, *De la formation et de la fécondation des œufs chez les Vers nématodes*, 1859, p. 95.

de semblable a-t-il lieu pour le prétendu vitellus secondaire des Pucerons? Bien au contraire, car loin de disparaître ou même seulement de diminuer de quantité, nous le voyons augmenter sans cesse de volume dans une proportion constante avec l'embryon lui-même et continuer à croître encore après la naissance du jeune Puceron jusqu'à ce que celui-ci ait atteint son développement définitif.

D'autres preuves contre la justesse de cette interprétation se tirent des phénomènes de l'évolution organogénique : en effet, ce corps ne se comporte pas comme une masse inerte, passive, telle que l'est un simple dépôt de matière nutritive, mais bien comme un organe doué de propriétés vitales particulières et destiné à jouer un rôle important dans les actes physiologiques de ces animaux. Ce n'est pas ici le lieu de m'appesantir sur ces considérations, sur lesquelles je reviendrai avec tous les détails nécessaires en faisant l'histoire du développement. MM. Mecznikow et Claparède se sont-ils bien rendu compte de tous ces faits avant de hasarder leur théorie du vitellus secondaire? Il est permis d'en douter, et avant de prendre la plume pour empêcher, comme il le dit, une erreur de s'introduire dans la science, le savant qui me critique aurait bien dû commencer par examiner de plus près les faits qu'il avait sous les yeux. Il ne se serait pas exposé ainsi à prendre sous son patronage une manière de voir que l'on peut qualifier de véritable hérésie physiologique, car elle conduit tout droit à admettre l'existence d'un animal qui porte sa vie durant le vitellus dont il était muni dans l'œuf, et, chose plus étrange encore, ce vitellus, loin de disparaître par une résorption graduelle, s'accroît sans cesse depuis l'état d'embryon jusqu'à l'âge adulte. Un pareil être, s'il existait, serait le triomphe de ce célèbre système de philosophie de la nature suivant lequel chacun des états qu'un animal à type élevé traverse dans son évolution embryonnaire aurait son représentant dans une forme permanente d'un type inférieur. Or, jusqu'ici la série zoologique ne nous montrait rien qui correspondît à l'embryon muni de son vitellus. Si la manière de voir de MM. Mecznikow et Claparède était fondée, les Puce-

rons réaliseraient ce mode d'organisation, et nous devrions à ces savants la connaissance d'un fait qui ne serait assurément pas le moins curieux parmi tous ceux que nous présentent ces Insectes déjà si remarquables au point de vue des autres phénomènes de leur développement.

Cependant ajoutons, pour être juste, que M. Claparède a fini par comprendre lui-même les singularités de sa théorie, et, à la dernière page de sa note, il cherche à lever la difficulté à laquelle nous faisons allusion dans les lignes qui précèdent. « Une objection contre cette manière de voir, dit-il, pourrait être tirée de ce que l'organe en question existe, non-seulement pendant la période embryonnaire, mais encore toute la vie durant. Toutefois, il faut bien remarquer que son importance relative diminue graduellement avec l'âge, et que l'objection perd par suite beaucoup de son poids (1). » Je doute fort que cette explication satisfasse aucun physiologiste sérieux. Il importe peu, en effet, que le prétendu vitellus perde plus ou moins de son importance relative par les progrès de l'âge; dès que M. Claparède reconnaît qu'il existe encore chez l'individu adulte, l'objection présentée plus haut subsiste tout entière. Mais, d'ailleurs, le fait même dont argue M. Claparède n'est pas exact, car, ainsi que je l'ai déjà dit précédemment, l'observation montre que le corps dont ils s'agit ne subit ni un arrêt ni même une diminution dans sa croissance à un moment donné de l'évolution, mais qu'il est dans un état de progrès continu depuis l'époque de sa première apparition jusqu'à celui où l'animal a atteint son entier développement. A cette dernière époque, il est donc plus volumineux que jamais, et s'il est rationnel de juger de l'importance fonctionnelle croissante d'un organe par l'augmentation qu'il subit dans sa masse, il faut en inférer que c'est chez le Puceron adulte que ce corps acquiert toute l'activité physiologique dont il est susceptible, conclusion diamétralement opposée à celle de M. Claparède.

Mais ces faits ne sont pas les seuls qui sont inconciliables

(1) Claparède, *loc. cit.*, p. 29.

avec sa théorie. Comment, par exemple, peut-elle expliquer l'existence de la masse verte dans l'œuf du Puceron ovipare qui renferme en outre un vitellus volumineux, entièrement semblable à celui de tous les autres œufs d'Insectes, et qui seul est consommé durant le cours du développement, tandis que la masse verte persiste et se développe parallèlement avec les autres organes de l'embryon? Il me suffit d'indiquer ici ces difficultés, ne voulant pas anticiper sur les détails dans lesquels j'aurai à entrer plus tard en faisant l'histoire des phénomènes de l'évolution chez les Aphides. A ce moment aussi, j'établirai les preuves qui justifient ma manière de voir touchant le rôle physiologique de la masse verte.

En terminant cette réponse à la note de M. Claparède, je ne puis que remercier mon savant confrère de la vive critique qu'il a faite de mon travail, car elle me montre les points sur lesquels j'aurai à insister plus particulièrement dans la description nouvelle plus circonstanciée que je vais donner des phénomènes de la reproduction des Aphides, points que je n'avais pas exposés avec la clarté et l'étendue nécessaires dans la note où se trouvaient sommairement consignés les résultats de mes premières observations sur ces Insectes.

Ce mémoire se divise naturellement en deux parties : dans la première, j'étudierai les organes et les phénomènes de reproduction chez les Pucerons ovipares ou dioïques qui ouvrent le cycle génésique de l'espèce; dans la seconde, je ferai l'histoire des mêmes organes et des mêmes phénomènes chez les Pucerons vivipares ou hermaphrodites, lesquels forment les générations les plus nombreuses et continuent le cycle jusqu'à la réapparition des individus sexués.

Afin de présenter dans ce travail le tableau complet des phénomènes de la génération chez les Aphides, je commencerai, dans la première partie, l'histoire des Pucerons ovipares par une étude anatomique et physiologique de l'appareil reproducteur du Puceron mâle.

PREMIÈRE PARTIE.

DE LA GÉNÉRATION DES PUCERONS OVIPARES OU DIOÏQUES.

§ I. — Appareil génital mâle.

A. *Anatomie et physiologie.* — Autant l'appareil générateur femelle des Aphides a été fréquemment l'objet des investigations des naturalistes, comme on a pu s'en convaincre par le résumé que j'ai présenté de leurs travaux dans l'introduction de ce mémoire, autant celui du Puceron mâle a été rarement étudié par eux. Cependant Bonnet et de Geer connaissaient déjà l'organe copulateur, et ce dernier l'a même figuré d'une manière assez exacte, à l'état d'érection, chez plusieurs espèces (1). De nos jours, Dutrochet (2), M. Morren (3), de Siebold (4), et, plus récemment, Leuckart (5), ont donné quelques détails sur la glande sexuelle et ses annexes, mais leurs descriptions sont si superficielles, et offrent en outre tant de divergences, que je n'ai pas jugé inutile de reprendre à nouveau l'étude de ces organes.

Je décrirai d'abord les diverses parties dont l'appareil mâle se compose à l'intérieur et à l'extérieur du corps, ainsi que leurs usages; je dirai ensuite quelques mots de leur développement depuis la naissance jusqu'à l'âge adulte, et je terminerai par une étude du mode de formation des spermatozoïdes dans la glande sexuelle du Puceron mâle.

Dans cette description, j'aurai particulièrement en vue les

(1) De Geer, *Mémoires pour servir à l'histoire des Insectes*, t. III, 1773, pl. 2, fig. 18 et 19; pl. 4, fig. 6 et 9.

(2) Dutrochet, *Observations sur les organes de la génération chez les Puceron* (*Ann. des sc. nat.*, t. XXX, 1833, p. 204).

(3) Morren, *Mémoire sur l'émigration du Puceron du Pêcher et sur les caractères et l'anatomie de cette espèce* (*Ann. des sc. nat.*, 2e série, t. VI, 1836, p. 87).

(4) Siebold, *Ueber die innern Geschlechtswerkzeuge der viviparen und oviparen Blattläuse* (Froriep's *Neue Notizen*, t. XII, 1839, p. 305); et *Vergl. Anat. der wirbels losen Thiere*, 1845, p. 654.

(5) Leuckart, *Zur Kenntniss des Generationswechsels und der Parthenogenesis bei den Insekten* (Moleschott's *Unters. zur Naturlehre*, 1858, t. IV); à part, p. 8.

espèces suivantes, sur lesquelles mes observations ont plus spécialement porté : *Aphis persicæ*, *Siphonophora* (*Aphis*) *millefolii*, *S.* (*Aphis*) *jaceæ*, *Drepanosiphum* (*Aphis*) *platanoides* (1), dont les trois premières appartiennent aux deux genres qui comptent le plus grand nombre de représentants dans la famille des Aphides. Mais je dois ajouter que, dans toutes ces espèces, ainsi que dans plusieurs autres que j'ai également examinées, l'appareil reproducteur, sauf quelques variations sans importance, m'a offert une conformité de structure remarquable, ce qui tient, sans aucun doute, à la simplicité du plan d'organisation sur lequel il est construit chez toutes les Aphides, contrairement à la plupart des autres familles d'Hémiptères, où il présente une complication plus ou moins grande et des variations parfois considérables chez les différentes espèces d'un même genre. Il suffit, pour s'en convaincre, de consulter les travaux de Léon Dufour (2), et les recherches plus récentes d'Ant. Dohrn (3) sur les organes générateurs de ces Insectes.

De même que chez tous les autres animaux de cette classe, nous aurons à étudier, dans l'appareil génital mâle des Aphides, les organes sécréteurs du sperme ou testicules, et leurs conduits excréteurs (conduits déférents ou spermiductes), les glandes accessoires ou mucipares, le canal éjaculateur avec le pénis, et les pièces de l'armure génitale ou copulatrice.

A raison de l'exiguïté que présentent toutes ces parties chez le Puceron, les procédés habituels de l'investigation anatomique des Insectes ne peuvent être mis en usage dans leur étude, et il est presque toujours nécessaire de faire les observations qui les concernent à l'aide du microscope. J'ai évité d'une manière à peu près absolue, dans mes préparations, l'emploi de l'eau pure, qui altère rapidement la forme des organes et leur structure histologique, et me suis toujours servi d'une dissolu-

(1) Pour la caractérisation de ces espèces, voyez Kaltenbach, *Monographie der Familie der Pflanzenläuse*, 1843 ; et Koch, *Die Pflanzenläuse* (*Aphiden*), 1857.

(2) Léon Dufour, *Recherches anatomiques et physiologiques sur les Hémiptères*, 1833.

(3) Ant. Dohrn, *Zur Anatomie der Hemipteru* (*Stettiner entomol. Zeitung*, t. XXVII, 1866, p. 321-352, pl. 4).

tion d'albumine ou de sel marin qui ménage bien mieux les parties. Cette remarque s'applique d'une manière générale à toutes les recherches ayant pour objet l'anatomie microscopique, non-seulement chez les Insectes, mais encore chez les autres espèces animales.

Lorsque, après avoir séparé d'un coup de ciseaux l'abdomen d'un Puceron mâle adulte, on le place sur un porte-objet, dans une petite quantité d'un des liquides mentionnés plus haut, et qu'on le recouvre ensuite d'une mince lame de verre pour le porter sous le champ du microscope, il suffit d'une légère pression, exercée sur la lamelle supérieure, pour faire saillir par l'extrémité coupée de l'abdomen un groupe, composé d'un nombre variable de tubes, qu'à leur forme et à la nature de leur contenu il est facile de reconnaître pour les testicules de l'animal (pl. II, fig. 1 et 2 *cs*). Ces tubes ou capsules spermifiques convergent par leur base de manière à former une sorte de bouquet ou de faisceau placé sur la ligne médiane du corps, au-dessus du canal intestinal. Il semblerait, au premier abord, que ce faisceau est simple et que les tubes qui le composent convergent vers un même point d'attache, mais un peu d'attention suffit à faire reconnaître qu'il est en réalité constitué par deux groupes distincts, accolés l'un à l'autre, et dont chacun est formé par un nombre de tubes qui varie suivant les espèces (1). Cette disposition semble indiquer, et l'étude du développement con-

(1) Chez la plupart des mâles d'Aphides, les capsules spermifiques sont au nombre de trois ou de cinq pour chaque côté du corps, et concentrées chez l'adulte sur la ligne médiane en un groupe de six ou de dix tubes. Comme exemples du premier nombre je citerai les espèces suivantes : *Aphis persicæ*, *Siphonophora millefolii*, *Drepanosiphum platanoides*. D'après M. de Siebold (*Manuel d'Anat. comp.*, t. I, 1850, p. 635), l'*Aphis loniceræ* n'aurait aussi que six capsules en tout, résultant du rapprochement de deux testicules, de trois capsules chacun, sur le milieu de l'abdomen. M. Morren, *loc. cit.* (*Ann. des sc. nat.*, 2e série, t. VI, 1836, p. 87) n'assigne en tout que quatre à cinq tubes spermifiques à l'*Aphis persicæ*, mais il y a évidemment là erreur ou anomalie. Parmi les espèces à dix follicules testiculaires, je mentionnerai le *Siphonophora jaceæ* et le *S. sonchi*, mais il n'est pas rare de rencontrer des individus de l'une ou de l'autre espèce qui n'en ont que huit ou neuf, ou, au contraire, d'autres qui en possèdent onze ou douze. L'étude du développement rend facilement compte de ces variations individuelles, comme nous le verrons par la suite.

firme cette prévision, que les deux testicules sont originairement séparés et situés sur les côtés du corps, et qu'ils se rapprochent graduellement l'un de l'autre avec les progrès de l'âge pour se rencontrer finalement sur la ligne médiane.

Dans aucune des espèces que j'ai examinées sous ce rapport, la tendance à la concentration des deux testicules ne va jusqu'à amener leur fusion en un seul et même corps, comme cela est notamment le cas chez les Lépidoptères, où la masse impaire qu'ils forment par leur réunion est en outre revêtue d'une enveloppe commune ou tunique vaginale. Celle-ci n'existe jamais chez les Aphides, dont les capsules testiculaires sont, au contraire, toujours à nu et flottent librement dans la cavité abdominale avec leurs organes annexes. En parlant plus loin du mécanisme de l'érection du pénis pendant l'accouplement, nous verrons que cette indépendance anatomique de l'appareil mâle interne est une condition indispensable à la sortie de la verge.

Il paraît cependant y avoir, dans cette famille, quelques exceptions à la règle de la liberté réciproque des capsules spermifiques. C'est ainsi que, d'après les observations de Leuckart, le testicule de l'Aphis du Merisier à grappes (*A. padi*) serait formé par une poche unique, située sur le milieu de l'abdomen, et portant sur son bord la trace d'une division en six lobes correspondant au nombre des éléments qui se sont réunis pour la former (1). Chez le *Schizoneura corni*, observé par le même naturaliste, cette fusion serait portée plus loin encore, la poche testiculaire étant tout à fait simple et d'une forme presque complétement sphérique (2). Ces faits démontrent donc que, sous le rapport de l'indépendance ou de la soudure réciproque de ses parties continuantes, le testicule des Aphides présente les mêmes transitions d'organisation que celles que l'on observe chez d'autres Hémiptères, les Géocorises par exemple (3).

La forme et le volume des capsules spermifiques ne varient

(1) Leuckart, *Zur Kenntniss des Generationswechsels und der Parthenogenesis*, 1858, p. 8.

(2) Leuckart, *loc. cit.*, p. 8.

(3) Léon Dufour, *loc. cit.*, p. 152 et pl. 10, fig. 118 et suiv.

pas moins que leur situation respective aux différents âges de l'Insecte. Pendant l'état de larve et de nymphe, leur forme est celle d'une poche allongée, renflée vers le milieu ou à la base, c'est-à-dire plus ou moins conoïde ou fusiforme (pl. 2, fig. 3, 4, 11, *cs*), mais chez le mâle adulte, et dans l'état de turgescence séminale, elles prennent l'aspect d'un ovoïde plus ou moins allongé (fig. 1 et 2, *cs*). Cette modification dans leur configuration extérieure s'accompagne en même temps, dans le passage de l'état de nymphe à celui d'Insecte parfait, d'une diminution notable de leur volume et de leur capacité intérieure, par suite d'une rétraction graduelle que la paroi capsulaire subit aux approches de la maturité sexuelle. C'est ainsi que chez une grosse larve du Puceron de la Millefeuille, près de se transformer en nymphe, les capsules du testicule avaient en moyenne une longueur de $0^{mm},25$, tandis que, chez le mâle adulte, elles ne mesurent généralement pas plus de $0^{mm},15$ à $0^{mm},16$. Cette différence de volume des tubes spermifiques, examinés comparativement chez la nymphe et chez l'adulte, est plus sensible encore dans le Puceron de l'Erable-plane (*Drepanosiphum platanoïdes*), où ces tubes, après être parvenus à une longueur de près de $0^{mm},60$ qu'ils ont chez la première, décroissent ensuite de plus de la moitié, et n'ont plus que $0^{mm},25$ à $0^{mm},28$ chez le mâle adulte. Ce sont là de ces effets de rétraction organique des tissus survenant au moment où l'animal touche à son état de perfection définitive et analogues à ceux qui ont été signalés par tous les auteurs qui ont étudié au point de vue anatomique les métamorphoses des Insectes; il me suffira de rappeler les observations de Herold et de Newport sur les changements successifs que subissent dans leurs dimensions relatives l'appareil digestif et les systèmes musculaire et nerveux des Lépidoptères pendant le passage de l'état de larve à celui d'Insecte parfait (1).

Chaque capsule spermifique se compose d'une paroi propre

(1) Voyez aussi Weismann, *Die nachembryonale Entwickelung der Musciden* (*Zeitschr. f. wiss. Zool.*, t. XIV, 1864, p. 187).

et d'un contenu. La paroi est constituée par une membrane sans structure apparente, que l'on croirait, par conséquent, appartenir aux formations cuticulaires (fig. 2 et 3), si le développement n'apprenait qu'elle est en réalité composée de cellules fortement aplaties, soudées intimement les unes aux autres, et dont les noyaux ont ensuite disparu, ainsi que les lignes qui indiquaient primitivement la délimitation réciproque des cellules. Cette structure cellulaire peut être facilement rendue sensible chez la larve, et même encore chez la nymphe, dans certaines espèces, par l'addition d'un peu d'acide acétique, qui rend apparentes un plus ou moins grand nombre des cellules constitutives ou leurs noyaux (fig. 4). Mais chez le mâle adulte, ce n'est que très-exceptionnellement que l'on parvient, par le même procédé, à discerner çà et là quelques éléments cellulaires, derniers vestiges de la constitution primitive de la paroi capsulaire. Ce n'est que dans la partie tout à fait postérieure de la capsule, vers la naissance du pédoncule qui fixe celle-ci sur le canal déférent, que les cellules restent toujours bien reconnaissables, même à l'âge adulte. Ces cellules basilaires prennent graduellement plus d'épaisseur en pénétrant dans le pédoncule de la capsule pour se continuer avec les cellules épithéliales du conduit déférent (fig. 2, 3 et 4, *pd*).

Le contenu des tubes séminifiques varie beaucoup dans son aspect aux différents âges de l'Insecte, ainsi que je le décrirai en parlant du développement de l'appareil génital mâle. Au moment de la maturité sexuelle, il est constitué par les faisceaux de spermatozoïdes, dont j'exposerai plus loin avec détail le mode de formation (fig. 2, *fsp*). Chez les mâles qui se sont déjà accouplés plusieurs fois, les capsules sont pour la plupart vides, ou ne renferment plus qu'un petit nombre de filaments isolés, mêlés aux débris qui proviennent de la destruction des kystes dans lesquels ils se sont formés.

Chaque capsule spermifique se termine par un pédoncule court et étroit, à l'aide duquel elle s'insère à l'extrémité du conduit déférent correspondant (fig. 1 et 2, *pd*). A ce niveau, les deux conduits sont réunis par une branche transversale, de

même longueur et grosseur environ que les pédoncules des capsules (fig. 1 et 2, *x*), et qui est la seule trace de coalescence que présentent les organes générateurs des deux côtés du corps après leur rencontre sur la ligne médiane. A l'aide d'une pression circonspecte exercée sur la lame de verre qui recouvre la préparation, il est facile de s'assurer que la branche transversale qui réunit les deux conduits déférents est perméable, et qu'elle établit la communication entre ces canaux, car il n'est pas rare que l'on parvienne, au moyen de la manœuvre indiquée, à faire passer quelques filaments spermatiques d'un des conduits dans celui du côté opposé.

Immédiatement au-dessous de la branche anastomotique précédente, chaque spermiducte présente un renflement ovoïde, dans l'intérieur duquel on trouve toujours, au moment de la maturité sexuelle, un grand nombre de spermatozoïdes à l'état de filaments isolés, ou formant des paquets plus ou moins gros (fig. 1 et 2, *vs*). Cette portion dilatée des conduits déférents remplit donc, selon toute apparence, le rôle d'un réservoir pour le sperme, ou vésicule séminale, disposition dont on retrouve les analogues chez plusieurs autres Hémiptères (1).

En arrière de la vésicule séminale, les conduits déférents se rétrécissent assez brusquement et descendent sous la forme de deux cordons cylindriques sur les côtés du tube alimentaire, pour venir s'insérer l'un près de l'autre à l'extrémité antérieure du canal éjaculateur (fig. 1, *cd'* ; 5, *cd*).

Dans toute l'étendue de leur trajet, les spermiductes offrent un aspect comme noueux ou variqueux, produit par une multitude de petites dilatations ampulliformes de la paroi, dont les plus grosses se remarquent sur la portion qui fait office de vésicule séminale (fig. 1, *vs*). Ils présentent, en outre, une réfringence assez grande ayant pour siége la substance contenue dans les cellules épithéliales de la paroi. Comme nous retrouverons tous ces caractères dans les appendices, ou glandes muci-

(1) Par exemple dans les genres suivants : *Coreus*, *Alydus*, *Gerris*, *Velia*, etc.; voyez Léon Dufour, *Recherches anat. et physiol. sur les Hémiptères*, 1833.

pares annexés à l'appareil mâle, et que la structure histologique de ces appendices est presque identiquement la même que celle des spermiductes, il ne serait pas impossible que ces derniers, indépendamment de leur rôle de servir de canaux évacuateurs du sperme, eussent aussi pour usage de sécréter un liquide destiné, en s'écoulant, à entraîner les spermatozoïdes, et à faciliter leur progression dans les conduits excréteurs du testicule. Cette supposition me paraît d'autant plus plausible, que les parois de ces canaux sont dépourvues de couche contractile chez la plupart des Aphides, et qu'en outre les filaments fécondateurs sont presque entièrement privés de la faculté locomotrice qu'ils possèdent chez un grand nombre d'autres Insectes, et qui leur permet de cheminer spontanément dans l'intérieur des conduits évacuateurs de l'appareil mâle.

Relativement à leur constitution histologique, les conduits déférents présentent une assez grande simplicité. Leur paroi se compose essentiellement d'une couche épithéliale formée de cellules hexagonales se rapprochant plutôt du type pavimenteux que de l'épithélium cylindrique, et plus épaisse dans la portion qui fonctionne comme vésicule séminale que dans la partie cylindrique du conduit (fig. 2, *ep*). A raison de la forte réfringence de leur contenu, ces cellules ne sont que difficilement reconnaissables à l'état frais, et il semblerait au premier abord que la paroi du spermiducte est homogène ; mais sous l'action de l'acide acétique, combinée avec une légère compression de l'organe, il se dessine à sa surface un fin réseau à mailles hexagonales formé par les lignes qui délimitent mutuellement les cellules épithéliales, au centre desquelles apparaissent, en outre, un noyau et un nucléole distincts (fig. 2 et 3, *ep*). A sa face interne, l'épithélium est revêtu d'une mince membrane sans structure, véritable cuticule qui s'étend dans toute la longueur des conduits déférents, et ne paraît manquer que dans la vésicule séminale (fig. 2 et 5, *i*). En dehors, l'épithélium est tapissé par la tunique péritonéale, membrane analogue aux séreuses des animaux supérieurs, formée de larges cellules fortement aplaties, et qui, d'ordinaire, ne deviennent

sensibles que lorsqu'elles sont gonflées par l'action osmotique des liquides que l'on met en contact avec elles (fig. 2, 3, 5, *p*). Cette tunique constitue aussi le revêtement extérieur général de presque tous les autres viscères de la cavité abdominale, et nous aurons encore de fréquentes occasions de signaler son existence, lorsque nous nous occuperons des autres parties de l'appareil génital du mâle, ou que nous décrirons le même appareil chez le Puceron femelle.

Je n'ai pu découvrir aucune couche musculaire dans la paroi du spermiducte chez les espèces appartenant aux deux grands genres *Aphis* et *Siphonophora*. Mais il n'en est pas de même du genre *Drepanosiphum*, si j'en juge par la seule espèce que j'ai eu l'occasion d'examiner : le *D. platanoides*. Chez ce Puceron, une couche contractile continue, formée de fibres-cellules fusiformes, lisses, disposées transversalement, se surajoute aux couches précédemment décrites dans toute l'étendue du canal déférent, entre l'épithélium et la tunique péritonéale (fig. 3, *m*, *m'*).

Les glandes accessoires, dites aussi glandes mucipares, ne sont jamais qu'au nombre d'une seule paire chez les Aphides, contrairement à beaucoup d'autres Hémiptères qui en ont deux ou trois paires et même davantage (1). Ce sont des tubes en cæcum, cylindriques, simples, placés en dehors et de chaque côté des conduits déférents, et qui, à leur extrémité libre, présentent un renflement ovoïde assez volumineux (fig. 1, *gla*). Un peu plus courts que les canaux spermatiques, ils se dirigent presque en ligne droite, et en convergeant l'un vers l'autre, vers la partie postérieure du corps, et viennent déboucher dans la partie antérieure du canal éjaculateur, un peu en arrière de l'insertion des conduits déférents. J'ai déjà signalé la grande ressemblance qui existe entre ceux-ci et les organes glandulaires précédents, tant sous le rapport morphologique que sous celui de la constitution histologique. Le canal central, assez étroit dans la portion

(1) Léon Dufour, *loc. cit.*; A. Dohrn, *Zur Anatomie der Hemipteren* (*Stettiner entomol. Zeit.*, t. XXVII, 1866, p. 322).

cylindrique du tube, s'élargit sensiblement dans sa partie antérieure, et finit en cul-de-sac dans la dilatation ampulliforme qui le termine (fig. 6, A). Quant aux couches qui composent la paroi, nous retrouvons, avec des caractères presque identiques, les trois tuniques que nous avons distinguées dans les spermiductes, savoir : une cuticule interne sans structure (*i*), un épithélium (*ep*), et le revêtement péritonéal qui s'étend sur ces glandes comme sur les autres parties de l'appareil mâle (*p*). Je puis donc me dispenser d'entrer dans de plus longs détails à cet égard ; j'ajouterai seulement que l'élément contractile, qui n'apparaît qu'exceptionnellement dans la paroi des conduits déférents chez quelques Aphides, ne semble aussi exister d'une manière régulière que chez certaines espèces, dans celle des glandes accessoires. Mais si j'en juge par ce que j'ai observé sur le *S. jaceæ*, cet élément n'y forme pas une couche continue, mais est représenté par quelques fibres-cellules fusiformes, lisses, disséminées et disposées transversalement ou diagonalement à l'axe du tube, surtout dans la partie supérieure renflée. Elles suffisent néanmoins pour donner lieu à des mouvements péristaltiques assez énergiques de la glande, lorsque celle-ci est extraite du corps et mise au contact de l'eau salée.

Les organes que nous venons de décrire avaient déjà été vus par M. Morren chez le Puceron du Pêcher, et désignés par lui sous le nom de *vésicules séminales*, à l'imitation de Léon Dufour, qui donnait, comme on sait, cette dénomination à toutes les parties annexées à l'appareil génital interne mâle des Insectes. Chez les Aphides tout au moins, ils n'ont certainement pas pour usage d'emmagasiner le sperme, et paraissent bien plutôt être des organes de nature glandulaire, destinés à sécréter un liquide muqueux qui s'ajoute au produit du testicule pour le délayer et en augmenter la masse, et déterminer de la sorte la distension des organes copulateurs pendant l'accouplement.

Le canal éjaculateur (fig. 4 et 5, *cej*) fait suite aux conduits déférents et aux glandes accessoires, dont il peut être considéré comme le prolongement commun vers la partie postérieure du corps. Dans sa partie antérieure, ce canal forme un cul-de-sac

arrondi, relativement large, dans lequel viennent déboucher les conduits déférents, tout à fait au sommet (*cd*), et les glandes accessoires, un peu en arrière de ceux-ci et sur la face dorsale du canal éjaculateur (*gla*). Pour plus de facilité dans la description, je désignerai cette région antérieure sous le nom de *bulbe*, en employant la dénomination que Léon Dufour donne à la même portion du spermiducte commun des Insectes, sans y attacher cependant le même sens homologique que l'éminent entomologiste, dont la préoccupation constante était, comme on sait, de trouver des analogies entre les appareils organiques des Insectes et ceux des animaux supérieurs. Après avoir reçu les insertions précédentes, le canal éjaculateur se rétrécit insensiblement, et vient aboutir à l'extrémité postérieure de l'abdomen, où il se continue, d'une part, avec le pourtour de l'orifice génital externe (fig. 1 et 5, *og*), et de l'autre pénètre dans une sorte de capsule formée par la juxtaposition de deux valves cornées mobiles, que nous décrirons bientôt en parlant de l'armure copulatrice (fig. 1 et 5, *sc'*).

Le canal éjaculateur n'étant, comme il vient d'être dit, que le tronc commun formé par la réunion des conduits déférents et des glandes accessoires, il s'ensuit que nous devons retrouver dans sa constitution histologique les mêmes couches que nous avons décrites chez ces derniers, mais avec des modifications en rapport avec le rôle fonctionnel particulier dévolu à cette portion du système des conduits efférents mâles. Nous verrons, en effet, en parlant du mécanisme de l'érection, que ce canal est susceptible de se renverser au dehors, et de fonctionner comme un véritable organe d'intromission ou pénis.

Si nous l'envisageons d'abord à l'état de repos, c'est-à-dire retiré dans l'intérieur du corps, nous le voyons formé de deux tubes cylindriques, membraneux, renfermés l'un dans l'autre, et séparés par un intervalle relativement large (fig. 1 et 5, *cej*, *sc*). Le tube intérieur, que je désignerai sous le nom de *sac copulateur* (*sc*), est constitué par une membrane de chitine homogène, souple et résistante, qui présente un grand nombre de plis transversaux. Il est complétement indépendant du tube exté-

rieur, et n'offre de continuité directe qu'avec les conduits déférents et les glandes accessoires, dans l'intérieur desquels il envoie un prolongement tubuleux qui se continue avec la tunique interne de ces canaux (fig. 5, $i'i'$, $i''i''$). Il en résulte que le sperme et le produit de la sécrétion glandulaire sont versés directement dans l'intérieur du sac copulateur, où ils viennent se mêler. Par son extrémité postérieure, celui-ci pénètre dans l'espèce d'étui formé par le rapprochement des valves de l'armure copulatrice sur le bord interne desquelles il s'insère (fig. 5, *sc'*).

Le cylindre extérieur, ou canal éjaculateur proprement dit (fig. 1 et 5, *cej*), présente des parois lisses et tendues, formées par la confluence des quatre tubes qui s'insèrent à sa partie antérieure, et dont toutes les couches, sauf la couche interne, participent à sa formation. Ce canal peut être effectivement considéré comme formé par une expansion commune des couches constitutives extérieures des tubes précédents, au même titre que le sac copulateur doit être regardé comme une émanation de leur tunique interne. A l'intérieur, nous trouvons une première couche qui présente une continuité visible avec l'épithélium de ces tubes, mais dont les cellules se sont fortement aplaties et soudées en une membrane mince et homogène, dont la texture cellulaire n'est plus démontrable d'une manière certaine (fig. 5, *ep'*). A l'extérieur s'étend la tunique péritonéale (fig. 5, *p'*), laquelle, après avoir formé comme à l'ordinaire la gaîne extérieure des conduits déférents et des glandes accessoires, se réfléchit sur le canal éjaculateur en s'y appliquant étroitement, et ne peut être rendue sensible que par l'action des réactifs. A ces deux couches s'en ajoute une troisième, de nature musculaire, qui, chez la plupart des Aphides, apparaît comme une formation nouvelle dans la constitution du canal éjaculateur, mais qui, chez quelques espèces, n'est aussi qu'une expansion de la tunique contractile que nous avons dit exister exceptionnellement dans les tubes qui s'insèrent à la partie antérieure de ce canal.

Cette couche musculaire (fig. 5, *m* ; 9 A, *m*, *m'*) forme la majeure partie de l'épaisseur de la paroi du canal et présente plusieurs

particularités dignes de remarque. Les éléments qui la composent sont des fibres-cellules fusiformes, très-pâles, longues de $0^{mm},033$, en moyenne, chez le *S. millefolii*, et munies d'un nucléus ovalaire, large de $0^{mm},006$ (fig. 9 B). Elles renferment de très-fines granulations moléculaires de deux sortes : les unes, incolores, sont disposées en fines stries transversales à l'axe de la fibre, les autres, de nature pigmentaire, disséminées dans le protoplasma, produisent la coloration verte que présente le canal éjaculateur surtout dans sa partie postérieure. Les fibres de la tunique contractile ne sont pas réunies de manière à former des faisceaux distincts et anastomosés les uns avec les autres, comme cela se remarque, par exemple, dans la couche musculeuse de l'oviducte de la femelle, mais sont simplement juxtaposées et rappellent par leur disposition la structure bien connue des muscles thoraciques des Insectes. Leur direction varie dans les différentes régions du canal éjaculateur. Transversales dans la portion bulbeuse, elles deviennent obliques dans la portion moyenne et prennent enfin une direction longitudinale dans la partie postérieure du canal (fig. 5).

L'appareil qui fait suite au canal éjaculateur mérite à peine, chez l'Aphis mâle, le nom d'armure copulatrice. Il est, en effet, loin d'offrir la même complication que chez la plupart des autres Hémiptères, où il se compose d'un système de valves et d'opercules destinés à protéger l'orifice sexuel, et de crochets retenteurs pour saisir la femelle. Chez les Pucerons, cet appareil est fort simple et se compose d'une seule paire de valves entourant la base du canal éjaculateur fonctionnant comme pénis, et de deux pièces operculaires qui, en se rapprochant l'une de l'autre, servent à protéger l'entrée de l'ouverture génitale.

A l'état de repos, l'appareil copulateur est complétement retiré dans l'intérieur du corps. Il ne devient apparent que pendant l'accouplement ou lorsqu'on exerce une légère pression expulsive sur l'abdomen. En examinant, au moyen de la loupe, ou mieux du microscope, la manière dont s'effectue la sortie graduelle des différentes pièces qui le composent, on peut se former une idée assez exacte de leur mode d'action pendant l'accouple-

ment. On voit d'abord deux appendices coniques, noirâtres, rapprochés sur la ligne médiane du corps, se dégager peu à peu de dessous le bord ventral du septième segment abdominal, et s'écarter de plus en plus l'un de l'autre en se rejetant vers les bords latéraux de ce segment (fig. 7, *apo*). Lorsqu'ils sont entièrement sortis, leur direction est devenue complétement transversale à l'axe du corps, et l'on reconnaît alors qu'ils constituent les prolongements latéraux, en forme d'apophyses, de deux lames de chitine qui entourent en demi-cercle les bords de l'orifice sexuel. Chacune de ces apophyses a la forme d'un mamelon conique, cerclé de lignes régulières qui le font paraître comme segmenté, et sur lesquelles s'insèrent des poils longs et roides. Les deux lames semi-circulaires sont les opercules de l'orifice génital (fig. 1 et 5 *op*).

A mesure que ces dernières pièces s'écartent l'une de l'autre pendant le mouvement d'expulsion que nous venons de décrire, elles laissent passer entre elles un corps de forme ovalaire qui fait graduellement saillie entre les opercules en se portant directement en arrière et en bas (fig. 1, 5, 7, *v*). C'est une sorte d'étui bivalve, de consistance cornée, et de couleur noirâtre comme les pièces précédentes; chacune des valves qui le composent a la forme d'une spatule recourbée en arrière en manière de bec ou de crochet, et dont les faces supérieure et latérale sont couvertes de quelques poils roides et courts (fig. 8, *v*). Dans l'état d'érection, elles représentent une sorte de forceps recourbé en arrière et en haut, dont les branches embrassent les parties latérales de la base de la verge et dépassent de presque toute leur longueur la pointe de l'abdomen. La partie que l'on peut considérer comme le manche de la spatule est courbe et se termine par une tête arrondie, qui s'articule en ginglyme avec une pièce cornée, en forme de baguette (fig. 1, 5, 8, *b*), laquelle se dirige obliquement vers les côtés du huitième segment, puis se recourbe en arc de cercle pour aller s'arc-bouter contre une bande de chitine qui entoure circulairement la face interne de ce segment. D'autres pièces chitineuses (*b'*, *b''*), dont il est difficile de bien faire comprendre la disposition sans multiplier les figures,

et que, pour cette raison, je ne décrirai pas ici, viennent renforcer cette espèce de charpente solide, destinée à assurer la fixité de l'appareil valvaire, en même temps que, par la mobilité dont jouissent les différentes parties qui la composent, elle permet les mouvements de sortie et de rentrée de cet appareil pendant le rapprochement sexuel. J'ajouterai enfin que chacune des branches valvaires s'élargit à son bord interne, près de son articulation avec les pièces de soutien, en une lame aplatie, à bord denté, sur laquelle s'insèrent les parties latérales du canal éjaculateur (fig. 1, 5, 8, *w*).

L'armure copulatrice est séparée de l'anus par une plaque chitineuse convexe et noirâtre, couverte de quelques longs poils roides dirigés en arrière (fig. 1, 8, *s* [10]). A sa face supérieure, cette plaque est creusée d'une petite fossette ovalaire (fig. 8, *z*), couverte, dans l'état naturel, par la base de l'appendice caudiforme qui présente elle-même, à sa face inférieure, une excavation triangulaire au fond de laquelle s'ouvre l'anus sous la forme d'une fente transversale (fig. 1, *a*) (1).

On comprend que, dans un travail purement descriptif comme celui-ci, je ne puisse m'arrêter longuement à des considérations relatives à la théorie segmentale de la région génito-anale des Aphides. Chez le Puceron mâle, les différents zoonites qui composent cette région ne présentent pas des lignes de démarcation bien distinctes et semblent confondus en un seul large segment terminal. Néanmoins, la comparaison homologique avec la région correspondante de la femelle, où les zoonites conservent plus d'indépendance, permet de la considérer comme étant formée, chez le mâle, de trois segments abdominaux, et de la ramener ainsi à l'unité de composition organique que les recherches de M. Lacaze-Duthiers ont démontré exister chez tous les Insectes dans la structure de cette partie du corps. Ainsi, l'appareil opercu-

(1) Je dois faire remarquer ici que, si les rapports des parties ne paraissent pas complétement identiques dans les deux figures 1 et 8, cela tient à ce que la première les montre dans une vue de profil, et non comprimées, tandis que la seconde les représente dans leur projection ventrale, et, par conséquent, un peu aplaties et dérangées dans leur situation réciproque par suite de la compression qu'elles ont subie pour rendre apparents les détails placés sur des plans plus profonds.

laire placé autour de l'orifice génital peut être considéré comme formé par le huitième segment de l'abdomen, dont les appendices latéraux seraient représentés par les apophyses des opercules. L'appareil valvaire serait constitué, comme à l'ordinaire, par une modification du neuvième segment. La situation de l'anus entre la plaque post-génitale et l'appendice caudiforme caractériserait la première comme le sternite du dixième anneau, et l'appendice précédent comme le demi-segment tergal, prolongé en pointe, de ce même anneau. Il manquerait donc un zoonite pour compléter le nombre de onze que M. Lacaze-Duthiers considère comme typique pour les pièces de l'abdomen des Insectes. L'absence de ce dernier segment chez les Aphides doit donc être attribuée à l'avortement d'un des segments post-génitaux, comme cela arrive du reste dans un grand nombre de cas (1). Je me hâte d'ajouter que, par ses études sur la morphologie du squelette tégumentaire des Pucerons vivipares, M. Huxley, en Angleterre (2), est arrivé à des conclusions analogues, également confirmatives des vues émises par M. Lacaze-Duthiers touchant la composition segmentale de l'abdomen des Insectes.

Après nous être formé une idée exacte de la structure des parties internes et externes de l'appareil génital mâle et de leur situation respective dans l'état de repos, il ne nous sera pas difficile de comprendre la manière dont elles fonctionnent pendant l'accouplement. Nous avons vu que le canal éjaculateur renfermait, comme dans une espèce de fourreau, le sac copulateur, et que celui-ci était engagé par son extrémité postérieure dans l'étui formé par les valves rapprochées de l'armure génitale. Au moment de l'accouplement, ces valves sont d'abord repoussées au dehors, puis, s'écartant l'une de l'autre, elles laissent passer entre elles le sac copulateur qui se renverse à la manière d'un doit de gant, et se déroule dans une grande partie de sa longueur. Les plis de sa paroi s'effacent, et il prend la forme

(1) Voyez Lacaze-Duthiers, *Recherches sur l'armure génitale femelle des Insectes*, 1853.

(2) Huxley, *On the Agamic Reproduction and Morphology of Aphis* (*Transact. of the Linnean Society*, t. XXII, 1858, p. 230).

d'un tube membraneux distendu, recourbé en arrière. Dans ce mouvement d'expulsion du sac, le canal éjaculateur avec les organes qui s'y insèrent est entraîné vers la partie postérieure, par suite de la traction que la poche copulatrice exerce en sortant sur ces parties. Il se produit alors une double invagination du canal en lui-même, savoir de la portion bulbeuse dans la partie moyenne et de celle-ci dans la portion postérieure. Dans cet état, le canal éjaculateur franchit l'orifice génital avec les conduits déférents et les glandes accessoires qu'il entraîne à sa suite, et le tout pénètre dans la poche copulatrice comme dans un fourreau appendu à l'extrémité de l'abdomen. Leur descente dans l'intérieur de ce fourreau ne s'arrête que lorsque les testicules eux-mêmes arrivent devant l'ouverture sexuelle, qu'ils sont incapables de franchir, soit à cause de leur volume, soit parce que l'opercule se referme au devant d'eux. Il en résulte une cause de résistance qui se manifeste par la tension des tubes vecteurs, et qui, en se transmettant à la poche copulatrice, empêche son déroulement complet au dehors. La portion non développée reste incluse dans celle qui s'est déroulée, sous la forme d'un canal à parois plissées longitudinalement (fig. 8 et 9, A, *sc'*), qui s'ouvre à l'extrémité du fourreau pénial par un orifice analogue au méat de la verge des animaux supérieurs. C'est cet orifice (*o*) qui donne passage aux spermatozoïdes pendant le coït.

Il est facile de s'assurer que c'est bien l'arrêt produit par l'arrivée des testicules devant l'orifice génital qui s'oppose au renversement complet du sac copulateur au dehors, car, en exerçant une pression un peu forte sur ces parties, on surmonte cette résistance, et l'on voit alors les testicules eux-mêmes se précipiter à travers l'ouverture précédente dans l'intérieur du fourreau copulateur. Sous un effort encore plus énergique, ce dernier se déroule dans toute son étendue et projette au dehors les organes renfermés dans son intérieur.

Examinons maintenant l'aspect que présente le pénis complétement sorti, car nous pouvons donner désormais ce nom à la poche copulatrice, puisqu'elle remplit en réalité toutes les fonctions d'un organe d'intromission. Sa forme est celle d'un tube

membraneux, gonflé et rigide, régulièrement cylindrique à sa partie inférieure, un peu aplati latéralement dans la partie supérieure. Sa longueur est relativement considérable, car, chez l'Aphis de la Mille feuille, par exemple, il ne mesure pas moins de $0^{mm},6$, celle du corps entier du mâle étant de $1^{mm},8$. Il est embrassé sur les côtés de sa racine par les valves de l'armure copulatrice, qui en maintiennent le calibre béant et s'opposent à la compression des tubes placés dans leur intervalle (fig. 8, *v*). Ces valves, par le crochet qui les termine, servent probablement aussi à saisir le bord inférieur de la vulve de la femelle. Immédiatement au-devant de la racine de la verge, et faisant saillie de chaque côté, se voient les deux apophyses garnies de poils de l'appareil operculaire, déjà connues de Bonnet et de de Geer (fig. 8, *apo*).

Vers sa partie moyenne, qui est la plus large, la verge se recourbe brusquement en arrière à angle obtus; il en résulte qu'elle présente à sa face antérieure une sorte de genou saillant, tandis que la face opposée est concave. La partie située au-dessus de la courbure est dirigée presque verticalement en bas, ou même plus ou moins en avant, suivant le degré d'inclinaison du membre; la partie placée au-dessous regarde, au contraire, constamment en bas et en arrière, quelle que soit la situation de l'organe copulateur. Il résulte de ce mode de conformation que, pendant l'accouplement, le mâle, afin d'amener son pénis dans la direction de l'axe du vagin de la femelle, est obligé de se placer presque verticalement contre l'extrémité postérieure de celle-ci, et de se tenir pour ainsi dire debout sur la pointe de son abdomen. C'est effectivement dans cette attitude qu'il est décrit et représenté par tous les observateurs qui ont été témoins de l'accouplement des Pucerons (1).

La verge s'effile un peu vers sa pointe, qui est arrondie et percée d'un orifice (fig. 8 et 9, A, *o*) donnant entrée dans la poche plissée, formée par la portion non déroulée du sac copula-

(1) Voyez notamment : de Geer, *loc. cit.*, t. III, pl. 2, fig. 8 et 17; Kyber, *Einige Erfahrungen und Bemerkungen über die Blattläuse* (Germar's *Magazin der Entomologie*, t. I, 2e partie, 1815, p. 34).

teur (fig. 8 et 9, A, *sc'*). Cette poche communique elle-même, par sa partie supérieure, avec les conduits déférents et les glandes accessoires (fig. 8, *cd*, *gla*), dont elle constitue en quelque sorte le prolongement commun jusqu'à l'orifice pénial; j'ai vu plusieurs fois, en comprimant légèrement la verge, des spermatozoïdes s'échapper par cette ouverture.

Devenu l'enveloppe extérieure de la verge ou fourreau pénial (fig. 8 et 9, A, *sc*), le sac copulateur présente avec le canal éjaculateur des rapports qui sont précisément l'inverse de ce qu'ils étaient à l'état de repos, c'est-à-dire qu'au lieu d'être renfermé dans celui-ci, c'est, au contraire, le sac copulateur qui sert de gaîne au canal et l'entoure étroitement jusqu'à une petite distance de l'extrémité de la verge. Quant au canal éjaculateur, il représente une sorte de tube deux fois rentré en lui-même à des hauteurs différentes, par suite de la double invagination qu'il a subie. J'ai essayé de représenter fidèlement cette disposition dans la figure 8, *cej*, qui la fera comprendre plus clairement que tous les détails descriptifs que je pourrais donner à cet égard. Les parois du canal éjaculateur renfermant, comme nous l'avons vu précédemment, une couche musculeuse assez puissante, les conduits déférents et les glandes accessoires se trouvent donc, par le fait, contenus dans l'intérieur d'un manchon contractile qui, par la compression qu'il exerce sur ces tubes, détermine la progression du sperme et du liquide glandulaire jusqu'à l'extrémité de la verge, où ils s'accumulent probablement d'abord dans la poche plissée située en avant du méat (fig. 8 et 9, A, *sc'*) avant d'être éjaculés dans les voies génitales de la femelle. Les contractions musculaires du manchon peuvent d'ailleurs s'exercer aussi bien dans le sens transversal que dans le sens longitudinal, à raison de la direction variée que les fibres contractiles affectent dans les diverses régions de cette enveloppe, comme on peut s'en convaincre en jetant les yeux sur la figure 9, A, qui représente la partie postérieure du pénis, dans laquelle le manchon musculaire *m m'*) est vu par sa surface extérieure.

On peut brièvement dépeindre le mécanisme de la sortie du pénis, tel que nous venons de le décrire chez l'Aphis mâle, en di-

sant que toute la partie antérieure du système des conduits efférents mâles (spermiductes et glandes accessoires) s'invagine dans la partie postérieure commune (canal éjaculateur), et que le tout pénètre dans la poche copulatrice renversée au dehors et faisant fonction de pénis.

Quant aux forces qui déterminent la protrusion de la verge, je pense qu'elle est produite par une simple pression due à la contraction des muscles des parois latérales de l'abdomen, et analogue à celle que l'on provoque artificiellement à l'aide des doigts, et qui a aussi pour effet la sortie du pénis.

B. *Développement de l'appareil génital mâle.* — L'histoire du développement embryonnaire des Pucerons devant nous occuper dans une autre partie de ce travail, je renvoie à ce moment l'étude de l'évolution de l'appareil génital mâle avant la naissance, pour ne parler ici que des modifications qui surviennent dans cet appareil depuis l'état de larve jusqu'à celui d'Insecte parfait.

Lorsqu'on examine les jeunes larves de mâles au moment où elles viennent au monde, et où leur longueur dépasse à peine celle d'un millimètre (1), on trouve déjà les capsules spermifiques bien reconnaissables et remplies des amas cellulaires arrondis, aux dépens desquels se développeront plus tard les filaments spermatiques. A cet âge, les deux testicules sont déjà sensiblement rapprochés sur la ligne médiane et communiquent l'un avec l'autre par le conduit anastomotique transversal dont nous avons déjà signalé l'existence chez le mâle adulte (fig. 11, x) ; mais chez la jeune larve, ce conduit est relativement plus long que chez ce dernier, les deux systèmes testiculaires n'étant pas encore contigus sur la ligne médiane du corps comme ils le sont chez l'adulte. Les capsules spermatogènes sont plus ou moins conoïdes et allongées, et convergent par leur base, prolongée en un pédicule par lequel toutes les capsules d'un même faisceau se réunissent à l'extrémité supé-

(1) La longueur exacte d'une larve mâle naissante du *S. millefolii* a été trouvée de $1^{mm},11$; celle d'une larve du *S. jaceæ*, du même âge, était de $1^{mm},05$.

rieure du conduit déférent du même côté. Elles sont entièrement libres comme chez l'adulte, c'est-à-dire non entourées d'une tunique vaginale commune. Leurs dimensions relatives présentent souvent des variations assez grandes chez un même individu au moment de la naissance : tantôt toutes les capsules des deux côtés du corps sont sensiblement égales ; d'autres fois leur volume varie du simple au double dans le même testicule ; ou bien enfin l'égalité n'existe que pour l'une des moitiés du corps, tandis que du côté opposé elles sont fort inégalement développées (1).

Le nombre des capsules chez la jeune larve est presque toujours identique avec celui que l'on observe chez l'individu adulte, c'est-à-dire de trois à cinq ou six pour chaque faisceau testiculaire, dans la plupart des cas. Cependant il n'est pas rare qu'au moment de la naissance elle présente, soit dans l'une ou dans l'autre moitié du corps, soit dans les deux moitiés à la fois, une ou deux capsules de plus qu'il n'en existe chez l'adulte. Cela s'observe surtout dans les espèces où les éléments du testicule sont en nombre plus limité, telles que, par exemple, le Puceron de la Mille-feuille et celui du Pêcher, où chaque faisceau testiculaire se compose normalement de trois capsules seulement chez l'adulte. Lorsque, au contraire, on examine ces mêmes parties chez l'embryon, on constate que le nombre des éléments du testicule est plus élevé, et qu'il existe, dans les premiers temps du développement, une concordance numérique parfaite entre les éléments mâles et les éléments femelles chez une même espèce. Mais tandis que le nombre des gaînes ovariques demeure invariablement le même à toutes les époques de la vie, celui des capsules spermatogènes présente, au contraire, dans les espèces précitées une réduction de plus en plus prononcée depuis le commencement du développement jusqu'à la naissance du jeune Puceron. J'étais d'abord tenté d'expliquer par des avortements successifs cette diminution graduelle des

1) C'est ainsi que chez une petite larve du *S. jaceæ* les cinq capsules d'un des testicules avaient toutes une longueur de $0^{mm},18$ à $0^{mm},19$, tandis que celles de l'autr testicule offraient des dimensions qui variaient de $0^{mm},06$ à $0^{mm},18$.

éléments mâles, à l'exemple de ce que l'on observe chez d'autres Hémiptères, tels que le *Naucoris aptera* par exemple, où trois des sept tubes spermifiques qui composent originairement chaque testicule avortent régulièrement, et ne se retrouvent plus qu'à l'état de vestiges chez le mâle adulte (1). Cependant n'ayant jamais réussi à observer aucune trace de ces capsules abortives, je conçus des doutes sur la valeur de cette explication ; et, en effet, une étude plus attentive ne tarda pas à me convaincre que la diminution signalée ne résultait pas d'un arrêt de développement, mais de coalescences complètes que contractaient entre elles quelques-unes des capsules faisant primitivement partie d'un même système testiculaire, coalescences dont on retrouve encore parfois la trace après la naissance. Il n'est pas rare, en effet, qu'une ou plusieurs capsules présentent à ce moment une division en deux ou trois lobes plus ou moins marqués, manifestant ainsi qu'elles sont formées par la soudure d'autant de capsules primitivement distinctes et indépendantes. Je reviendrai avec plus de détail sur ces faits en parlant du développement embryogénique des Pucerons.

Je n'ai pas encore parlé jusqu'ici de la structure interne des capsules du testicule : j'en renvoie la description au moment où je traiterai du développement des spermatozoïdes, dont l'évolution est intimement liée aux modifications que subit l'aspect intérieur des cavités du testicule.

Reprenons maintenant l'étude des autres parties de l'appareil mâle de la génération chez la jeune larve.

Le conduit déférent, beaucoup plus court relativement qu'à l'âge adulte, est constitué par un cordon filiforme, cylindrique dans toute sa longueur, et non encore dilaté antérieurement en une vésicule séminale (fig. 11, *cd*). Ses parois, entièrement lisses et unies, n'offrent non plus, à cette époque, aucune trace des bosselures qu'elles présenteront à une période plus avancée. Les deux conduits déférents sont, comme nous l'avons déjà dit, réunis transversalement à leur partie antérieure par un cordon cana-

(1) Léon Dufour, *loc. cit.*, p. 175, et pl. XII, fig. 140.

liculé, plus long à cet âge que dans les âges subséquents (fig. 11, *x*). C'est ce cordon, dont la formation remonte à une période assez reculée du développement de l'appareil génital, qui détermine, en se raccourcissant progressivement, le rapprochement graduel des deux testicules, et finalement leur rencontre sur la ligne médiane du corps.

Les conduits déférents se réunissent près de l'extrémité postérieure de l'abdomen en un canal commun, plus court que ceux-ci, et d'un diamètre d'abord à peine supérieur à celui de chacune des deux branches qui contribuent à le former. C'est le rudiment du canal éjaculateur (fig. 11, *cej*). Mais celui-ci devient bientôt beaucoup plus gros que les tubes placés en amont de lui: chez une larve du *S. jaceæ*, longue de $1^{mm},25$, je lui ai trouvé un diamètre de $0^{mm},08$. C'est également vers le moment où la jeune larve a atteint cette taille que commencent à apparaître, dans la plupart des espèces, les appendices glandulaires qui s'insèrent à l'extrémité antérieure du canal éjaculateur, non loin du point où débouchent les deux conduits déférents.

Les observations de Herold ont montré que ces appendices se développent chez les Lépidoptères sous la forme de deux mamelons, qui naissent à la partie antérieure du canal éjaculateur de la larve, et s'allongent ensuite en deux longs tubes qui se pelotonnent sur eux-mêmes (1). Chez l'Aphis mâle, ces annexes de l'appareil génital, tout en acquérant une longueur beaucoup moindre, se développent d'après un mode identique, c'est-à-dire qu'il se produit d'abord de chaque côté de l'extrémité antérieure du canal éjaculateur une petite protubérance celluleuse creusée d'une cavité qui communique avec celle du canal. Ces protubérances latérales s'accroissent en longueur, et se transforment bientôt chacune en un tube d'abord uniformément cylindrique, mais qui se renfle ensuite en massue à son extrémité libre, où le canal central présente un élargissement correspondant. Leur accroissement se fait d'une manière assez rapide : chez une larve âgée, longue de $1^{mm},50$ environ, les glandes accessoires n'avaient

(1) Herold, *Entwickelungsgeschichte der Schmetterlinge*, 1815, § 68, pl. XII et suiv.

encore qu'une longueur de $0^{mm},10$, tandis que chez la nymphe elles mesurent déjà $0^{mm},36$ au moins.

Le mode de formation que nous venons de décrire pour les glandes accessoires de l'appareil mâle est identique, comme nous le verrons dans la suite, avec celui des organes annexes de l'appareil génital femelle, connus sous les noms de *glandes sébifiques* ou *collétériques*, organes qui doivent être considérés comme les homologues des premiers, et si nous en croyons les observations de Weismann, les appendices glandulaires de l'intestin ne se forment pas d'après un autre type chez les Diptères (1). En comparant ces faits de l'organogenèse des Insectes avec le mode de développement des glandes annexées au canal intestinal des Vertébrés, on est frappé de la concordance complète qui existe dans la formation de ces parties chez des animaux appartenant à des types d'organisation si différents, et qui s'éloignent d'ailleurs sur tant de points de leur développement organogénique.

Le perfectionnement histologique des conduits déférents et des glandes mucipares parcourt des phases analogues dans les deux ordres de tubes. Les cellules qui composent leur paroi, d'abord toutes semblables entre elles, se différencient bientôt en se séparant en deux couches. Celles de la couche externe s'élargissent et s'aplatissent considérablement en se soudant intimement les unes aux autres, et se transforment en une membrane délicate, qui constitue l'enveloppe externe ou péritonéale du tube (fig. 3, *p*, 6, B, *p*). Les cellules de la couche interne s'allongent, au contraire, vers la cavité du tube dont la paroi acquiert ainsi une épaisseur relativement plus considérable, deviennent polygonales par pression réciproque et constituent d'abord un épithélium cylindrique, surtout bien marqué dans la glande accessoire (fig. 6, B, *ep*). Mais, avec l'âge, ces cellules s'élargissent en s'aplatissant, et sécrètent à leur surface interne une mince couche de substance hyaline, qui se concrète en une cuticule homogène, ou tunique intime de ces conduits (fig. 2 et

(1) Weismann, *Die Entwicklung der Dipteren im Ei* (*Zeitschrift für wissensch. Zool.*, t. XIII, 1863, p. 188).

6, A, *i*). Celle-ci ne paraît manquer que dans leur portion supérieure dilatée, car en suivant de l'œil la ligne à double contour qui est l'expression optique de cette membrane, on la voit se perdre peu à peu en approchant de la dilatation terminale. Enfin, dans quelques espèces, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer, une tunique musculaire, plus ou moins riche en éléments contractiles, s'interpose, soit dans les conduits déférents, soit dans les glandes accessoires, entre la membrane péritonéale et l'épithélium. C'est ce qui s'observe, pour les premiers organes, chez le *Drepanosiphum platanoides* (fig. 3, *m*, *m'*), et, pour les derniers, chez le *Siphonophora jaceæ*.

Si l'étude des changements successifs que présentent dans leur évolution ces annexes de l'appareil génital s'accompagne de difficultés assez sérieuses à cause de la délicatesse de ces parties, qui ne permet que rarement de les isoler, sans les déchirer ou les écraser, de la masse adipeuse qui enveloppe de toutes parts l'appareil reproducteur, l'observation des modifications que subit le canal éjaculateur aux différents âges est moins facile encore à raison de sa situation profonde et de son adhérence aux parties dures de l'abdomen. Cependant j'en ai vu assez pour me convaincre que le développement histogénique de ce canal est entièrement semblable à celui des tubes placés en avant de lui, et dont il ne forme en quelque sorte que le prolongement commun vers la partie postérieure du corps. Comme ceux-ci, le canal éjaculateur est constitué dans le jeune âge par une paroi entièrement celluleuse qui se divise plus tard en deux couches, l'une externe, contractile, composée de fibres transversales, l'autre interne et formée de cellules épithéliales. Celle-ci se revêt à sa face interne d'une membrane sans structure ou cuticule, produit de sécrétion de l'épithélium, et qui, d'abord étroitement adhérente aux cellules sous-jacentes, s'en isole ensuite complétement, en même temps que l'épithélium devient lui-même de plus en plus mince et membraniforme. C'est cet épithélium ainsi modifié qui, réuni aux couches musculaire et péritonéale, constitue la paroi du canal éjaculateur chez l'adulte, comme je l'ai décrit précédemment, tandis que la tunique intime ou cuticulaire, déta-

chée de ses connexions primitives avec la couche sous-jacente, et devenue indépendante, forme le sac copulateur dont j'ai expliqué le rôle pendant l'érection du pénis et dans l'accouplement.

L'armure copulatrice est, de toutes les parties de l'appareil génital mâle, celle qui se constitue le plus tardivement, du moins je n'ai réussi à constater son existence que lorsque les organes internes étaient déjà bien développés. Chez une larve âgée, longue de 1 millimètre et demi, il n'y avait encore aucune trace d'une armure génitale. C'est donc principalement pendant l'état de nymphe que se constituent les diverses pièces que nous avons distinguées sous les noms de valves et d'opercules. Elles ont d'abord l'aspect de lames membraneuses et blanchâtres, qui augmentent graduellement d'épaisseur et de consistance en prenant une teinte brune de plus en plus foncée. Mais je ne saurais dire si ce sont de simples épaississements locaux de la membrane tégumentaire des derniers zoonites de l'abdomen, ou si elles sont produites, comme cela paraît être le cas d'après les observations de Weismann chez les Diptères, par une prolifération de l'hypoderme, ou couche celluleuse sous-tégumentaire, dans l'intérieur des derniers segments abdominaux.

C. *Développement des spermatozoïdes.* — Le mode de formation des filaments fécondateurs dans la glande sexuelle du Puceron mâle ne diffère pas essentiellement de la manière dont ces éléments se développent chez les Insectes en général. J'aurais donc pu laisser de côté, dans ce travail, ce point de l'histoire génésique des Aphides, si je n'avais trouvé ici une occasion toute naturelle de présenter de la formation de ces corpuscules une description qui s'éloigne sensiblement de celles qu'en ont données mes prédécesseurs. Il existe d'ailleurs encore à ce sujet tant de divergences parmi les physiologistes, qu'une étude nouvelle de la question ne pouvait qu'être désirable.

J'ai déjà dit plus haut les motifs qui me faisaient laisser momentanément de côté l'étude du développement embryogénique des Aphides, qui doit nous occuper dans une autre partie de ce mémoire. Je passerai donc ici sous silence tout ce qui concerne

l'évolution des éléments qui forment le contenu des cavités testiculaires chez l'embryon, pour ne m'arrêter que sur les changements qu'ils éprouvent depuis le moment de la naissance.

Si les observations des Malpighi, des Swammerdam, des Lyonet, des Herold, ont démontré l'existence précoce des glandes sexuelles chez les larves des Insectes dits à métamorphoses complètes, tels que les Lépidoptères, les Diptères, etc., qui viennent au monde dans un état presque embryonnaire ; bien plus, si, ainsi que l'a montré Herold, on peut même déjà distinguer les sexes à cette époque peu avancée de la vie (1), à plus forte raison, cette constatation est-elle possible chez ceux des animaux de la même classe qui naissent sous une forme beaucoup plus parfaite et avec la plupart des caractères de l'adulte : tel est le cas pour les Hémiptères, et par conséquent les Aphides qui appartiennent à cet ordre d'Insectes.

En examinant les organes reproducteurs des petites larves mâles au moment de la naissance, on trouve les capsules spermatogènes entièrement remplies d'amas celluleux arrondis, et comme empilés les uns sur les autres depuis le sommet jusqu'à la base de la capsule (fig. 11, *cs*). Ces amas, que je désignerai sous le nom de *sphères spermatiques*, ne sont pas libres dans l'intérieur de la capsule, mais renfermés en plus ou moins grand nombre dans des loges polyédriques, dont les parois sont formées par des prolongements membraneux qui se détachent de la face interne de l'enveloppe capsulaire, et s'entrecroisent dans la cavité circonscrite par celle-ci. Cette continuité des cloisons intérieures avec la paroi testiculaire peut être facilement rendue sensible par l'emploi de grossissements assez forts, qui montrent les points de jonction des cloisons alvéolaires avec la face interne de la paroi testiculaire sous la forme d'un petit espace triangulaire, qui loge souvent un noyau que l'eau pure ou l'eau acidulée rend

(1) Les observations des naturalistes de nos jours, tels que H. Meyer, H. Landois, Weismann, Bessels, Mecznikow, ont non-seulement confirmé ces résultats des anciens auteurs, mais elles font remonter encore beaucoup plus haut le moment où la distinction sexuelle devient possible chez les Insectes, c'est-à-dire jusque chez l'embryon encore renfermé dans l'œuf.

fort évident en le gonflant. D'autres noyaux semblables sont situés dans les points d'entrecroisement des lamelles intérieures ou dans l'épaisseur de celles-ci, et démontrent qu'elles sont formées, comme la paroi de la capsule elle-même, de cellules aplaties et réunies les unes aux autres en une membrane continue. Le diamètre des loges intérieures va en augmentant depuis le sommet jusqu'à la base de la capsule, et varie de $0^{mm},02$ à $0^{mm},04$, suivant le nombre des sphères spermatiques contenues dans leur intérieur. Au sommet, elles ne contiennent ordinairement qu'une ou deux de ces agglomérations celluleuses, tandis que, à la base, celles-ci sont réunies par groupes de cinq à six, et davantage, dans chaque loge. Mais à mesure que l'Insecte se rapproche de l'âge adulte, le nombre des sphères spermatiques tend à s'égaliser dans les différents compartiments du testicule, et, à une époque voisine de la maturité sexuelle, ceux-ci finissent par renfermer presque tous une quantité à peu près équivalente de ces amas celluleux.

Il n'est pas difficile, à l'aide des aiguilles ou de pressions ménagées sur la glande, de faire sortir les sphères spermatiques de leurs alvéoles, et de les obtenir flottantes dans le liquide de la préparation. Elles se présentent alors sous la forme de masses mûriformes (fig. 12), larges de $0^{mm},018$ à $0^{mm},020$, composées de petites cellules d'un diamètre moyen de $0^{mm},0028$, et dont l'aspect varie beaucoup suivant la nature du liquide avec lequel elles se trouvent en contact. Pâles, transparentes et légèrement granuleuses dans l'eau pure, elles prennent, au contraire, un aspect presque homogène et assez réfringent dans une solution de sel marin moyennement concentrée. Une compression légère exercée sur les petites agglomérations celluleuses montre qu'elles ont une disposition visiblement radiée, et que les cellules composantes semblent converger vers le centre de l'amas par une de leurs extrémités effilée en pointe. Je reviendrai bientôt sur cette structure rayonnée des sphères séminales. Auparavant, voyons quelles sont les modifications qui surviennent dans l'aspect intérieur du testicule avec les progrès du développement.

Chez la larve plus âgée, les cloisons celluleuses intérieures

qui forment les parois des compartiments ou loges renfermant les sphères spermatiques, se séparent de la face interne de l'enveloppe périphérique de la capsule spermifique, et, en se dédoublant, constituent autour du contenu de chaque loge une membrane d'enveloppe spéciale. Il en résulte que la masse testiculaire tout entière se trouve transformée en un certain nombre de kystes entièrement libres dans la cavité de la capsule, et dont le volume s'accroît progressivement du sommet vers la base de celle-ci (fig. 3, *ksp*). En déchirant la paroi capsulaire à l'aide des aiguilles, ces kystes deviennent libres et se répandent dans le liquide ambiant. Lorsque celui-ci est de l'eau pure ou faiblement salée, l'action osmotique qu'il exerce sur ces éléments décèle immédiatement la structure celluleuse de leur paroi en gonflant les noyaux qui entrent dans sa constitution (fig. 14 à 17). Quant au contenu, il est formé par ces mêmes agglomérations celluleuses que j'ai décrites tout à l'heure sous le nom de *sphères spermatiques*, mais dont le nombre s'est accru dans l'intérieur des kystes, où on les rencontre généralement alors en plus grande quantité que dans les loges du testicule de la jeune larve. Beaucoup de ces kystes renferment jusqu'à six ou huit sphères spermatiques (fig. 14). En même temps que celles-ci se sont multipliées, les cellules qui les composent ont grossi jusqu'à atteindre un diamètre de $0^{mm},005$ à $0^{mm},006$. C'est généralement alors qu'elles commencent à devenir le siége d'une multiplication endogène active de petites cellules-filles qui sont les cellules de développement proprement dites des filaments spermatiques. Mais avant d'étudier la manière dont ce développement s'effectue, examinons d'abord les changements généraux qui s'opèrent dans la forme des kystes spermatiques sous l'influence des modifications qui se passent dans leur intérieur.

Les kystes spermatiques persistent avec les caractères qui viennent d'être décrits jusqu'à l'époque où la larve, en prenant des rudiments d'ailes, s'est transformée en nymphe à la suite d'une avant-dernière mue. A ce moment seulement, où les kystes les plus volumineux, c'est-à-dire ceux situés vers la base des capsules spermatiques, ont atteint un diamètre de $0^{mm},05$ à

$0^{mm},07$, des changements importants commencent à se manifester dans leur forme, et indiquent le début du travail génésique qui s'accomplit dans leur intérieur et se continue sans interruption jusqu'à la complète transformation de leur contenu en filaments fécondateurs. Les kystes perdent peu à peu leur forme sphérique, et prennent, en s'allongeant, celle d'un tube plus ou moins régulièrement cylindrique, qui caractérise chez tous les Insectes le réceptacle contenant les spermatozoïdes arrivés au terme de leur développement. Cette élongation se manifeste d'abord dans ceux qui sont placés dans la partie inférieure des capsules spermatiques, puis s'étend graduellement aux éléments situés dans la partie moyenne et au sommet (fig. 4), jusqu'à ce que la capsule tout entière se trouve remplie de tubes cylindriques plus ou moins gros et longs, disposés parallèlement les uns aux autres suivant l'axe de la cavité qui les renferme (fig. 2, *fsp*). Ces changements extérieurs sont dus à la pression que le faisceau spermatique exerce en s'accroissant contre la paroi interne de la poche qui le contient. Il n'est donc pas sans intérêt d'examiner d'un peu plus près quelques-unes des phases de ce phénomène.

Lorsque les queues des spermatozoïdes commencent à apparaître, elles forment d'abord un faisceau gros et court, composé de filaments parallèles (fig. 16). Par l'effort combiné résultant de leur accroissement en longueur, ces queues repoussent devant elles la paroi du kyste qui prend la forme d'un ovale de plus en plus allongé. Quelquefois le faisceau se recourbe à son extrémité par suite d'une résistance de la paroi, laquelle ne cède pas immédiatement à la pression intérieure (fig. 17), résistance toujours passagère, car le faisceau ne tarde pas à se redresser en continuant à s'allonger. A un moment donné, sa forme est celle d'une massue dont la grosse extrémité correspond aux têtes des spermatozoïdes encore adhérentes à leurs cellules de développement, et la petite extrémité à la partie caudale de ces filaments (fig. 19); un peu plus tard, le faisceau présente encore l'aspect claviforme, mais avec une disposition inverse, c'est-à-dire que c'est la partie renflée qui correspond maintenant aux queues, et la partie étroite,

effilée en pointe, aux têtes des spermatozoïdes. Ce renversement dans la forme du faisceau spermatique est dû à ce que les cellules de développement ont disparu à l'extrémité céphalique, tandis que, dans la portion caudale, les filaments, par suite de leur inégal accroissement, s'échelonnent à des hauteurs différentes comme les cils d'un pinceau. Pendant tous ces changements de forme, le faisceau reste étroitement entouré par la paroi du kyste, laquelle est généralement décrite comme une membrane sans structure, et assimilée à une enveloppe de cellule même par les auteurs qui se sont occupés le plus récemment du développement des spermatozoïdes chez les Insectes (1). Cependant il suffit, pour reconnaître sa structure celluleuse, du simple contact de l'eau pure ou d'une goutte d'acide acétique dilué, qui détermine le gonflement des noyaux qui entrent dans sa constitution. Cette structure s'explique du reste par ce que j'ai dit précédemment touchant la formation de l'enveloppe des kystes spermatiques par des cloisons celluleuses émanées de la face interne de la paroi de la capsule spermifique.

Lorsque les filaments fécondateurs ont acquis tout le développement dont ils sont susceptibles, la membrane du réceptacle se détruit, et le faisceau, devenu libre, se partage en plusieurs paquets secondaires plus ou moins gros, qui n'achèvent ordinairement de se désagréger qu'après avoir pénétré par le pédoncule de la capsule dans le conduit déférent, où ils se rassemblent d'abord dans la partie supérieure dilatée en une vésicule séminale. Là, les filaments se séparent complétement les uns des autres, et se pelotonnent et s'enroulent souvent comme des cheveux (fig. 2, *sp*), avant de s'engager dans la portion cylindrique du conduit, puis dans l'intérieur du sac copulateur renfermé dans l'axe du canal éjaculateur (fig. 5, *sp*). Chez les mâles qui se sont accouplés plusieurs fois, les cavités du testicule sont presque entièrement vides, et l'on n'y trouve plus que quelques filaments

(1) H. Landois, *Die Entwickelung der büschelförmigen Spermatozoen bei den Lepidopteren* (Reichert's und du Bois *Archiv*, 1866, p. 50); E. Bessels; *Studien über die Entwickelung der Sexualdrüsen bei den Lepidopteren* (*Zeitschr. f. wissensch. Zool.*, t. XVII, 1867, p. 545).

séminaux mêlés à des granules et des globules provenant de la destruction des parois des kystes spermatiques.

Tels sont les changements qui surviennent dans la forme extérieure de ces derniers corps, étudions maintenant les modifications que subit leur contenu, et dont le terme ultime est l'apparition des filaments fécondateurs dans leur intérieur.

Nous avons vu que, chez la larve, les kystes renfermaient un nombre variable d'agglomérations sphériques de petites cellules rondes et pâles, d'abord simples, mais qui, ensuite, produisent par voie endogène d'autres cellules, qui sont les éléments immédiats du développement des corpuscules séminaux. Ce sont les agglomérations que j'ai désignées plus haut sous le nom de sphères spermatiques, en mentionnant la disposition rayonnée des cellules qui les composent. Cette structure radiaire devient plus évidente encore sur les fragments en lesquels on parvient à diviser ces sphères en exerçant sur elles une pression un peu énergique. Les cellules qui constituent celles-ci ou leurs fragments secondaires sont piriformes, et convergent toutes par leur extrémité effilée vers le centre du groupe (fig. 22, *a*, *b*, *c*), disposition bien connue qu'affectent ces éléments lorsqu'ils naissent par bourgeonnement à la surface d'une cellule-mère préexistante. Néanmoins, je n'ai pas réussi à constater la présence, dans les sphères spermatiques, d'une cellule centrale pouvant être considérée comme ayant donné naissance par bourgeonnement aux petites cellules de la périphérie. Mais je n'hésite pas à admettre la réalité de ce mode de développement, en me fondant, d'une part, sur l'analogie tirée de la manière dont se produisent les ovules chez les Aphides, comme nous le verrons en décrivant l'appareil génital femelle, et d'autre part sur des observations faites chez d'autres espèces animales. C'est ainsi que Keferstein a montré récemment que les corps que l'on décrivait naguère, dans le produit de la sécrétion spermatique de l'*Helix pomatia*, comme constitués par de grandes utricules-mères renfermant des noyaux ou des cellules-filles plus ou moins nombreux, n'étaient en réalité que des groupes de cellules spermatiques formées par le bourgeonnement périphérique d'une

cellule primaire détachée de la paroi de l'organe sexuel (1), et d'après Meissner et Claparède, les cellules de développement des corpuscules séminaux se produiraient d'après un mode fort analogue chez certains Vers nématoïdes (2). Mais c'est surtout en me basant sur mes recherches personnelles touchant le développement des spermatozoïdes chez un grand nombre d'Insectes de tous les ordres, que je suis conduit à admettre la manière de voir, exposée plus haut, concernant la formation des sphères spermatiques chez les Aphides. En faisant connaître, dans un autre travail, les résultats de mes investigations sur ce sujet, je montrerai que les éléments qui forment le contenu du testicule des Insectes sont soumis, dans leur succession généalogique, aux mêmes lois génésiques chez tous les animaux de cette classe.

Quoi qu'il en soit de ce point d'histogenèse, dont l'élucidation chez les animaux qui nous occupent présente des difficultés particulières, à raison de la petitesse des éléments qui forment le contenu de leur testicule, les cellules renfermées dans l'intérieur des kystes spermatiques produisent, comme je l'ai dit plus haut, une nouvelle génération de cellules-filles qui, cette fois, sont bien le résultat d'une multiplication endogène. Ces cellules-filles de seconde génération, ou cellules spermatiques proprement dites, se développent au nombre de deux à quatre et davantage dans chaque cellule-mère (fig. 18, *a*,*b*,*c*,*d*), et sont ensuite mises en liberté par la destruction de la paroi de l'utricule génératrice; cependant un certain nombre continuent à rester emprisonnées dans celle-ci et y subissent toutes les phases de leur transformation en filaments spermatiques. La structure de ces cellules de développement mérite de nous arrêter plus longtemps que celle des éléments qui les ont précédées dans l'intérieur des kystes spermatiques, car elle jette un jour tout nouveau sur les

(1) *Die Klassen und Ordnungen des Thierreichs*, von H. C. Bronn, fortgesetzt von W. Keferstein, t. III, 2e partie, 1862-1866, p. 1215, pl. 105, fig. 5 et 6.

(2) Meissner, *Beobachtungen über das Eindringen der Samenelemente in den Dotter* (*Zeitschr. für wissensch. Zool.*, t. VI, 1855, p. 209); Claparède, *De la formation et de la fécondation des œufs chez les Vers nématodes*, 1859, p. 61.

phénomènes qui accompagnent la formation des spermatozoïdes et la constitution de ces corpuscules fécondateurs chez les Insectes.

C'est, ainsi que nous l'avons dit, chez la larve près de se transformer en nymphe, ou chez celle-ci seulement, que le contenu des kystes spermatiques commence à se développer en filaments séminaux. Les cellules de développement ont atteint alors une largeur de $0^{mm},005$ à $0^{mm},006$. Examinées dans un liquide d'un faible pouvoir osmotique, tel que l'eau salée ou l'eau albumineuse, elles paraissent entièrement homogènes et semblables à de petits globules de sarcode assez réfringents. Mais en ajoutant un peu d'eau pure ou légèrement acidulée, elles se gonflent immédiatement en perdant leur réfringence et leur homogénéité, deviennent vésiculaires, et laissent distinctement reconnaître sous leur enveloppe distendue un nucléus clair et transparent, muni à son centre d'un petit nucléole rond (fig. 18, *e*). Mais ces éléments ne sont pas les seuls qui deviennent visibles dans ces circonstances. En soumettant les cellules spermatiques à une légère compression, et en employant simultanément des grossissements assez forts, de 500 à 600 diamètres par exemple, on aperçoit entre le noyau et la membrane d'enveloppe, et souvent appliquée contre le premier, une seconde vésicule, transparente et claire, dont le diamètre ne dépasse guère la moitié de celui du nucléus (fig. 18, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*). Il est facile de s'assurer qu'il n'existe aucune communication entre ces deux corps, car on voit distinctement, dans toutes les cellules, la ligne de contour du nucléus passer entre celui-ci et la petite vésicule appliquée contre lui ; celle-ci ne peut donc en aucune manière être considérée comme un fragment du noyau détaché par scission.

La présence de ce corps dans les cellules de développement des spermatozoïdes peut être constatée dès avant le début de leur transformation en filaments spermatiques ; mais alors il est extrêmement pâle et peu visible, et n'apparaît que comme une petite tache claire et transparente dans le protoplasma qui environne le noyau. Je dois, en outre, faire remarquer qu'il est loin d'être également perceptible chez tous les mâles d'Aphides, et

que, dans la description que je trace ici des cellules spermatiques, comme d'ailleurs pour tout ce qui concerne l'histoire génésique des éléments fécondateurs de ces Insectes, j'ai principalement en vue le Puceron de l'Érable-plane, ou *Drepanosiphum platanoides*, qui présente des conditions relativement plus favorables à l'observation des faits que j'expose ici. Le moment où l'on réussit le mieux à apercevoir la vésicule en question est le début de l'évolution des éléments spermatiques, lorsque les cellules de développement commencent à s'allonger par un des points de leur périphérie, en prenant l'aspect piriforme qui marque l'apparition du filament caudal. En les examinant alors avec de forts grossissements et sous un éclairage convenable, on peut suivre le filament jusque dans l'intérieur de la cellule, et le voir aboutir au corps transparent situé à côté du noyau (fig. 24, *a*, *b*). Ce corps présente aussi à ce moment un contour plus nettement accusé, assez réfringent, probablement par suite d'une condensation à sa surface d'une mince couche du protoplasma environnant. Quant au noyau, il reste toujours en dehors du trajet suivi par le filament dans l'intérieur de la cellule, et ne prend aucune part à la constitution du spermatozoïde.

En examinant des cellules spermatiques de plus en plus avancées dans leur évolution, on remarque que la vésicule claire devient, en s'allongeant graduellement, l'extrémité céphalique du spermatozoïde. Celui-ci présente donc pendant un stade de son développement, et d'une manière transitoire, la même opposition entre une tête et une queue qui existe chez ces corpuscules à l'état de maturité dans un grand nombre d'espèces animales. Mais avec les progrès du développement, l'extrémité céphalique s'effile comme le bout caudal, et le spermatozoïde ne tarde pas à prendre l'aspect d'un filament homogène, qu'il offre chez la plupart des Insectes au terme de sa maturation. Pendant ce temps, le noyau s'est de plus en plus isolé de la vésicule céphalique ; puis, après avoir graduellement diminué de volume, il disparaît d'une manière complète avec le reste de la cellule génératrice.

Il n'est pas rare de rencontrer des spermatozoïdes qui, aux dif-

férentes périodes de leur développement, présentent sur le trajet du filament caudal des renflements fusiformes, isolés ou confondus les uns avec les autres, et formés par une substance pâle et d'apparence sarcodique : ce ne sont autre chose que des portions du protoplasma de la cellule spermatique, entraînées par le mouvement d'allongement de la queue et restées adhérentes à celle-ci (fig. 23, *f,g,h*). Ces accidents du développement ont déjà été notés un grand nombre de fois par les histologistes chez les espèces animales les plus diverses.

De la description qui précède il résulte que, contrairement à l'opinion généralement admise depuis Kölliker, le spermatozoïde n'est pas le produit de la transformation du noyau de la cellule de développement, mais que le rôle attribué à cet élément cellulaire par la plupart des physiologistes revient avec plus de droit à un autre corps coexistant avec le nucléus, et dont la présence dans la cellule de développement n'avait encore été signalée jusqu'ici par aucun observateur. Je dois toutefois excepter Lavalette Saint-George, qui, dans un mémoire récent sur le développement des corpuscules séminaux (1), a aussi constaté chez les Insectes, à côté du noyau de la cellule spermatique, un corps plus petit, globuleux, dont l'aspect contraste avec celui du nucléus, et auquel il fait jouer dans la formation du filament spermatique un rôle très-analogue à celui que j'ai assigné à la petite vésicule claire des cellules spermatiques des Aphides. Mais, tandis que Lavalette considère ce corps comme un nucléus de nouvelle formation résultant d'une scission du noyau primaire (2), je suis conduit, par mes observations antérieures sur l'origine du germe dans l'œuf ovarien (3), à lui attribuer une signification toute différente.

Il résulte, en effet, de ces dernières recherches, ainsi que je crois l'avoir établi par des faits observés d'abord chez les Ara-

(1) Lavalette Saint-George, *Ueber die Genese der Samenkörperchen* (Schultze's *Archiv für mikrosk. Anat.*, t. III, 1867, p. 263).

(2) Lavalette Saint-George, *loc. cit.*, p. 271.

(3) Balbiani, *Sur la constitution du germe dans l'œuf animal avant la fécondation* (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1864, t. LVIII, p. 584-588, 621-625).

chnides et les Myriapodes, puis dans presque toutes les autres classes animales, il résulte, dis-je, que l'œuf n'est pas l'équivalent d'une simple cellule, suivant l'opinion généralement admise depuis Schwann, mais qu'il représente en réalité, dès le moment de son origine, un organisme complexe formé d'une partie nutritive et d'une partie plastique. Chacune de ces deux parties a un centre particulier occupé par une vésicule ou noyau : le centre nutritif est représenté par la vésicule de Purkinje, appelée encore improprement vésicule germinative ; le centre plastique, ou foyer autour duquel se groupent les matériaux du germe d'où dérive l'embryon, est la vésicule que j'ai fait connaître dans le travail mentionné plus haut, et qu'en raison de ses fonctions M. Milne Edwards a désignée sous le nom de *vésicule embryogène* (1). L'homologie physiologique si évidente qui existe entre le produit de l'organe générateur femelle, ou l'ovule, et le produit de l'organe générateur mâle, ou la cellule spermatique, devait faire prévoir qu'ils présenteraient aussi une similitude complète dans leur organisation élémentaire. Cette présomption est pleinement justifiée par les recherches que j'ai entreprises sur la constitution et l'évolution de l'élément mâle chez un grand nombre d'animaux, ainsi que j'espère le démontrer dans un travail spécial, dont les faits exposés plus haut chez les Aphides ne forment pour ainsi dire qu'un chapitre détaché. La conclusion générale de ces observations, qu'il me suffira d'indiquer ici, est que la cellule spermatique, de même que l'ovule, présente aussi un centre nutritif et un centre germinatif : le premier est représenté par le noyau connu de tous les histologistes, tandis que le second n'est autre chose que la vésicule ou le globule dont les observations de Lavalette Saint-George et les miennes ont démontré l'existence dans la cellule spermatique et le rôle dans l'évolution du spermatozoïde. On peut désigner sous le nom de *vésicule spermatogène* ce dernier corps, pour rappeler son analogie avec l'élément correspondant placé au foyer germinatif de l'œuf, ou la vésicule embryogène.

(1) Milne Edwards, *Rapport sur les progrès récents des sciences zoologiques en France*, 1867, p. 79.

Jusqu'au terme de leur maturation, les spermatozoïdes affectent le mode de groupement bien connu qu'ils présentent chez tous les Insectes, c'est-à-dire celui de faisceaux de filaments parallèles plus ou moins gros. Ces faisceaux ne sont pas simples, comme on pourrait le croire au premier abord, mais constitués par un nombre variable de faisceaux secondaires ou fascicules moins volumineux, dont les lignes de séparation sont bien visibles surtout dans la partie caudale du faisceau commun, et peuvent être suivies plus ou moins haut en remontant vers l'extrémité céphalique (fig. 19 et 21). Cette structure fasciculée est due à ce que chacune des agglomérations celluleuses ou sphères spermatiques primitivement contenues dans les kystes du testicule se transforme isolément en un paquet de spermatozoïdes, qui reste d'abord distinct et indivis, et ne se dissocie qu'au moment de la maturité complète de ces éléments. Dans la plupart des kystes, on aperçoit, entre la membrane d'enveloppe et l'extrémité caudale du faisceau contenu dans son intérieur, un certain nombre de petites granulations brillantes, de nature probablement graisseuse (fig. 19), qui se résolvent plus tard en granulations de plus en plus fines formant de petits amas à l'extrémité de chaque faisceau secondaire (fig. 21).

J'ai décrit plus haut la manière dont s'opère la séparation des filaments spermatiques au terme de leur maturité et l'aspect qu'ils présentent dans l'intérieur des canaux efférents de l'appareil mâle. J'ajouterai que ces filaments, soit sous la forme de faisceaux, soit après qu'ils ont acquis une existence indépendante, ne m'ont jamais présenté aucune trace de mouvements spontanés, et qu'en faisant agir sur eux les liquides les plus propres à éveiller ces mouvements chez les spermatozoïdes des animaux, tels que notamment les solutions alcalines très-étendues, on ne parvient, le plus souvent, qu'à provoquer de faibles contractions qui disparaissent au bout d'un temps très-court. Il n'est pas rare, au contraire, de les voir exécuter des mouvements spontanés assez vifs dans l'intérieur des organes génitaux de la femelle.

EXPLICATION DES FIGURES.

PLANCHE 2.

Toutes les figures ont été esquissées à la chambre claire. Les mêmes lettres ont partout une signification identique.

Fig. 1. Appareil génital mâle, vu dans son ensemble chez un sujet adulte du *Siphonophora millefolii*, et grossi environ 100 fois. *cs*, capsules spermifiques; *cd*, conduit déférent; *vs*, vésicule séminale formée par une dilatation de la portion antérieure de ce conduit; *x*, canal réunissant transversalement les testicules des deux côtés du corps et établissant la communication entre leurs conduits déférents; *gla*, glandes accessoires ou mucipares; *cd'*, *cd'*, points où les conduits déférents débouchent dans le canal éjaculateur; *gla'*, *gla'*, embouchure des glandes accessoires dans le même canal; *cej*, canal éjaculateur; *sc*, sac copulateur renfermé dans l'axe de ce canal: c'est dans son intérieur que s'ouvrent, à proprement parler, les conduits déférents et les glandes accessoires; *og*, ouverture génitale externe entourée par les opercules *op*; *apo*, apophyses des opercules; *v*, valves de l'armure copulatrice; elles sont sorties de l'ouverture génitale et relevées contre la face inférieure de l'abdomen par la pression de la lame de verre qui recouvre la préparation; *w*, partie élargie et dentée du pédicule des valves, recevant les insertions latérales du canal éjaculateur; *b*, baguettes chitineuses entrant dans la constitution de la charpente solide qui sert de soutien à l'appareil valvaire, et s'articulant par leur extrémité interne avec le pédicule des valves; *a*, anus; s^7, s^{10}, septième et dixième segment abdominal.

Fig. 2. Testicules avec une portion des conduits déférents du *S. millefolii*, plus grossis que dans la figure précédente. Ces parties sont légèrement comprimées et traitées par l'acide acétique affaibli, pour montrer leur structure histologique. *cs*, capsules spermifiques renfermant des faisceaux de spermatozoïdes *fsp*; *pd*, pédoncule des capsules; *vs*, vésicule séminale remplie de filaments spermatiques mûrs *sp*; *cd*, conduit déférent; *p*, sa tunique séreuse ou péritonéale; *ep*, son épithélium; *i*, sa tunique intime, formée par une cuticule anhiste.

Fig. 3. Une des capsules séminales avec le conduit déférent correspondant d'une jeune nymphe du *Drepanosiphum platanoides*. *ksp*, kystes spermatiques dans la cavité de la capsule; *pd*, pédoncule de celle-ci; *p*, tunique péritonéale du conduit déférent; *ep*, son épithélium, vu par la surface dans la portion supérieure, et suivant une coupe passant par la cavité du conduit, dans la portion inférieure; *mm'*, couche musculaire située entre la tunique péritonéale et l'épithélium, et formée de fibres-cellules transversales lisses. Cette couche est vue sous les deux mêmes aspects que la couche épithéliale, dans le haut, *m*, et dans le bas de la figure, *m'*.

Fig. 4. Capsule spermifique d'une nymphe plus âgée de l'espèce précédente, immédiatement avant la dernière mue. Vers le sommet de la capsule, les kystes spermatiques n'ont encore subi aucune modification, tandis qu'à la base ils commencent à se transformer en faisceaux de spermatozoïdes *fsp*; *pd*, pédoncule de la capsule, revêtu intérieurement d'une couche épithéliale.

Fig. 5. Portion postérieure des conduits efférents avec l'armure copulatrice dans le moment qui précède la protraction du pénis, chez un mâle adulte du *Siphonophora millefolii*. *cd*, conduits déférents; *gla*, glandes accessoires. On voit comment la couche épithéliale *ep* de ces tubes passe directement dans la paroi *ep'* du canal éjaculateur, tandis que leur tunique intime ou cuticulaire, *i*, se continue en *i' i''*, *i''i''* avec la cuticule de ce canal, qui s'est isolée des autres couches pour devenir le sac copulateur ou fourreau pénial *sc*; *m*, couche musculaire du conduit éjaculateur. Les opercules *op* qui entourent l'orifice génital *og* se sont écartés pour laisser passer l'appareil valvaire *vv*, qui fait saillie hors de cette ouverture. Les valves encore rapprochées embrassent la partie postérieure *sc'* du sac copulateur, laquelle s'insère sur leur bord interne. *sp*, spermatozoïdes passant de la cavité des conduits déférents dans celle du sac copulateur. Pour la signification des autres lettres, voyez les figures 1, 2 et 3. (Grossissement 125 fois.)

Fig. 6, A. Extrémité aveugle, renflée en massue, d'une glande mucipare d'un mâle du S. *millefolii*. L'organe est comprimé entre les lames de verre, et traité par l'acide acétique affaibli pour rendre évidente sa structure histologique. *p*, tunique péritonéale; *ep*, épithélium; *i*, cuticule interne. (Grossissement 200 fois.)

Fig. 6, B. Même partie chez une jeune larve du *D. platanoïdes*. L'épithélium *ep* est encore entièrement formé de cellules cylindriques, et n'a pas encore sécrété à sa face interne la substance hyaline destinée à se concréter en une cuticule. (Grossissement 200 fois.)

Fig. 7. Extrémité postérieure du corps d'un mâle adulte du S. *millefolii*, au moment où le sac copulateur se déroule au dehors pour l'accouplement. (Grossissement 80 fois.)

Fig. 8. Extrémité postérieure de l'abdomen pendant la protraction complète du pénis, vue de profil sous un grossissement de 125 diamètres, chez un individu de l'espèce précédente. *sc*, sac copulateur déroulé au dehors et devenu fourreau pénial. Il renferme le canal éjaculateur *cej*, deux fois invaginé en lui-même, et enveloppant à son tour les conduits déférents *cd*, et les glandes accessoires *gla*; *sc'*, portion non déroulée du sac copulateur, s'ouvrant au dehors par un orifice *o*, ou méat du pénis; *v*, valves de l'armure copulatrice embrassant la racine de la verge; *z*, petite fossette à la face supérieure du dernier segment abdominal, couverte, dans l'état naturel, par l'appendice caudiforme; *b*, *b'*, *b''*, baguettes chitineuses formant la charpente qui soutient l'appareil valvaire. Les autres lettres désignent les mêmes objets que dans la figure 1.

Fig. 9, A. — Extrémité terminale du pénis, montrant, par sa surface, la couche musculaire *mm'*, qui entre dans la constitution du canal éjaculateur, ainsi que la direction variée des fibres de cette couche dans les différentes régions du canal; *sc*, portion déroulée du sac copulateur; *sc'*, portion non déroulée, incluse dans la première.

Fig. 9, B. Cellules fusiformes, à stries transversales granuleuses, de la couche contractile du canal éjaculateur.

Fig. 10. Organes génitaux internes d'un embryon mâle de l'*Aphis persicæ*. La description de cette figure sera donnée dans une autre partie de ce mémoire.

Fig. 11. Appareil génital interne d'une larve de mâle du S. *jaceæ* venant de naître. *cs*, capsules spermifiques, par exception au nombre de six pour chaque testicule, chez ce sujet (le nombre ordinaire est de cinq). Elles renferment des masses arrondies, décrites dans le texte sous le nom de sphères spermatiques, formées par les cellules-mères des cellules de développement des spermatozoïdes; *cd*, conduit déférent; *cej*, canal éjaculateur. Leurs parois sont encore entièrement celluleuses; *x*, canal transversal faisant communiquer les deux conduits déférents par leur extrémité antérieure. Ce canal est relativement beaucoup plus long que chez l'adulte. (Grossissement 120 fois.)

Fig. 12-24. Évolution des spermatozoïdes du *Drepanosiphum platanoides*.

Fig. 12. Sphère spermatique isolée dont les cellules se sont gonflées au contact d'une faible solution saline.

Fig. 13. Même élément comprimé et traité par l'acide acétique affaibli. Réunis en nombre variable dans les cavités du testicule, et entourés d'une paroi celluleuse, ils constituent les kystes spermatiques.

Fig. 14. Un de ces kystes isolé et grossi 250 fois.

Fig. 15-17, 19-21. Transformation des kystes spermatiques en tubes renfermant un faisceau de spermatozoïdes.

Fig. 18. Cellules de développement des spermatozoïdes, après un séjour prolongé dans une faible solution salée. Les unes, *a*, *b*, *c*, *d*, sont encore renfermées dans l'intérieur de la cellule-mère; les autres, *e*, sont devenues libres par la rupture de celle-ci. On voit dans toutes ces cellules le noyau et la vésicule spermatogène, cette dernière plus petite et appliquée contre le nucléus. (Grossissement 600 fois.)

Fig. 22. Fragments de sphères spermatiques obtenus par dilacération, montrant la disposition radiée des cellules composantes. Dans l'un d'eux *c*, les filaments séminaux commencent à se développer.

Fig. 23. Cellules de développement à différents degrés de leur transformation en filaments spermatiques, après quelques instants de contact avec une forte solution saline, où elles prennent un aspect complétement homogène. Quelques-unes *f*, *g*, *h*, présentent sur le trajet du filament caudal de petites masses de protoplasma entraînées hors de la cellule. (Grossissement 600 fois.)

Fig. 24. Mêmes cellules après l'addition d'eau pure, qui les gonfle en rendant évidents le nucléus et la vésicule spermatogène. Dans *a* et *b*, on peut suivre le filament caudal jusqu'à cette dernière vésicule, qui forme, en s'allongeant, l'extrémité céphalique du spermatozoïde; dans *h*, les deux cellules de développement sont restées incluses dans l'utricule-mère et y ont produit chacune un filament, comme l'indique l'extrémité bifurquée de leur prolongement commun. Les deux noyaux sont bien visibles, et il existe probablement aussi deux vésicules spermatogènes, bien que l'on n'en aperçoive qu'une seule. Enfin, dans la cellule *i*, le nucléus est devenu fort petit et est sur le point de disparaître, tandis que la vésicule spermatogène est encore bien distincte et placée à l'extrémité céphalique du filament.

OBSERVATIONS

SUR

L'ABLATION DES HÉMISPHÈRES CÉRÉBRAUX DES PIGEONS,

Par M. VOIT (1).

Tous les ans, je montre dans mes cours les effets produits par l'ablation des hémisphères sur les Pigeons. J'ai réussi à garder ces animaux longtemps vivants, et j'ai observé des phénomènes différents de ceux indiqués par les observateurs qui m'ont précédé. M. Bischoff a déjà eu la bonté de présenter à la classe un de ces animaux, et d'expliquer les faits qui surviennent. Immédiatement après l'opération, les Pigeons tombent dans un état qui ressemble au sommeil ; ils enfoncent profondément la tête entre leurs ailes, et restent immobiles, les yeux fermés. Cela n'est que la suite d'une profonde lésion. Au bout de quelques semaines, ils se réveillent, relèvent la tête, ouvrent les yeux, et même volent çà et là avec liberté. Il est certain qu'alors ils voient, entendent et sentent. Il n'est pas facile de les distinguer d'autres Pigeons apprivoisés à l'état normal. Ce qui les fait surtout reconnaître, c'est qu'ils ne mangent pas d'eux-mêmes ; ils mourraient de faim sur un monceau de grains. Ils ne sont plus craintifs. Ainsi j'ai vu plusieurs de ceux qui avaient été opérés marcher sur des lapins qu'on avait introduits dans leur cage, tandis que ceux qui ne l'avaient pas été se cachaient effrayés dans un coin. Il peuvent exprimer un vif amour sexuel par le roucoulement, mais ne se livrent à aucune autre démonstration quand on les met en présence de sujets de sexe différent. On peut donc le dire, les Pigeons sans cerveau ont les sensations

(1) Présentées à l'Académie des sciences de Munich, le 13 juin 1868 et extraites de l'*Institut*, n° 1828 (13 janvier 1869).

des sens ; ils voient des images, entendent des sons, mais n'y attachent plus de relations. Quand on voit un Pigeon auquel on a fait l'ablation, éviter soigneusement les obstacles, voler au milieu d'un chaos d'objets sans jamais se heurter, chercher à se dérober à la main qui veut le saisir, il faut cependant croire que tout cela a rapport à la perception primitive des sensations.

Ces animaux présentent souvent des phénomènes très-frappants; un mouvement suscité se continue longtemps mécaniquement. Un jour, un Pigeon heurta fortuitement du bec contre une bobine suspendue à la porte par un fil. La bobine fit un mouvement de pendule et heurta le bec en retour, ce qui la remit en mouvement ; ce jeu dura plus d'une heure, et je dus y mettre fin.

En décembre précédent, j'ai enlevé les deux hémisphères à un jeune Pigeon. Je suis parfaitement certain de les avoir enlevés entièrement. L'animal s'endormit d'abord comme les autres; réveillé, il fit mécaniquement toute espèce de mouvements continus. Par exemple, il sortit tout à coup de la cage, son séjour habituel, et se mit à parcourir la chambre, en courant avec une rapidité toujours plus grande. Il faisait toujours le même chemin autour de la même table, dans le même coin. On ouvrit les portes de la cage dans une autre chambre. Il se mit tout à coup à courir à une distance de 3 à 4 mètres avec une rapidité plus forte, pour répéter encore le même manége. Enfin, on dut le reporter fatigué dans sa cage. En frottant la racine du bec, le Pigeon roucoula, se mit plusieurs fois en rond, et montrait un vif amour sexuel. Il reprit à vue d'œil, s'envola plus souvent que les autres, et plus longtemps autour de la chambre. Les mouvements mécaniques cessèrent ; il fuyait quand on voulait le prendre, il était devenu craintif; enfin, aucun des Pigeons précédents ne s'était encore autant rapproché de l'état normal. Un seul symptôme de sa blessure persévéra jusqu'à la fin : il ne mangeait pas de lui-même ; on compta les grains qu'on lui donnait pour sa nourriture ; jamais il n'en manqua un seul.

Au bout de cinq mois, je mis fin à ces observations et je tuai le Pigeon. Quand j'eus scié le crâne en flèche, il tomba une

masse blanche de l'endroit où j'avais enlevé les deux hémisphères. Dans les autres Pigeons, cet espace était rempli par une exsudation devenue fibreuse ou par un liquide séreux, ou bien le cervelet avait pénétré par-devant, et le crâne s'était affaissé. Ici la masse blanche avait tout à fait l'apparence et la consistance de la masse blanche du cerveau. Elle était continue et elle avait bien la forme de deux hémisphères ; dans chacun d'eux se trouvait une petite cavité remplie de liquide, et entre eux un septum. Fait très-remarquable, la masse entière se composait de fibres nerveuses primitives, deux fois contournées, et des cellules ganglionnaires non douteuses y étaient logées. C'est ce dont le docteur Kollmann put également s'assurer.

Ce cas est le premier que je connaisse de la rénovation du cerveau et du rétablissement de son activité. A cela seul je puis attribuer l'amélioration frappante de l'animal soumis à l'expérience ; on pouvait à peine le distinguer d'un Pigeon à l'état normal.

OBSERVATIONS

SUR

LES APHIDIENS QUI FONT LES GALLES DES PISTACHIERS

Par M. DERBÈS,

Professeur à la Faculté des sciences de Marseille.

Je m'occupe depuis plus de trois ans des Pucerons qui habitent les galles des Pistachiers. Je suis loin encore d'être parvenu au but principal de mon ambition, à connaître toutes les phases de leur singulière existence, et j'aurais gardé le silence plus longtemps, si une communication faite à l'Institut par mon savant confrère M. Planchon, sur les Pucerons qui dévastent les Vignes dans certaines contrées du midi de la France, ne m'avait inspiré le désir d'exposer ce que j'ai appris sur ceux que j'ai spécialement étudiés.

Jusqu'à présent je n'ai pas eu l'occasion d'observer ceux qui font l'objet de la note de M. Planchon; mais j'ai cru reconnaître dans ses descriptions certaines analogies avec les Pucerons des Pistachiers, ce qui m'a encore plus engagé à publier ces observations, tout incomplètes qu'elles sont, espérant que d'autres observateurs s'engageront dans la même voie. Plus il y a d'yeux qui regardent, plus il y a de chances pour découvrir la vérité. Peut-être de ce concours d'observations surgira une connaissance plus profonde des mœurs de ces animaux, et, par suite, la découverte d'un moyen pratique de délivrer nos campagnes d'un Insecte devenu menaçant pour une de nos principales récoltes.

La similitude des habitudes et des modes de reproduction entre les Aphidiens vivant dans l'intérieur de certaines galles et ceux qui vivent dans l'air sur les diverses parties des végétaux, similitude qui a été déjà si bien constatée par notre Réaumur, permet de croire que l'étude d'une sorte de ceux-là ne sera pas sans influence sur la connaissance que l'on peut acquérir de ceux-ci.

Peu de personnes se sont occupées des Aphidiens qui pullulent dans les galles des Pistachiers. Les principaux écrits sur ces animaux sont dus à Réaumur et à un savant italien, M. Passerini. Celui-ci a fait un mémoire où il décrit trois espèces qui vivent sur le *P. terebinthus* et une qui vit sur le *P. lentiscus;* tandis que pour Linné et Réaumur, il n'en existait qu'une : l'*Aphis Pistaciæ*. M. Passerini a fait ses observations sur des galles qui lui étaient envoyées de Pise à Florence par M. Savi.

Un entomologiste provençal, M. de Fonscolombe, avait aussi décrit sous le nom d'*Aphis Pistaciæ* l'espèce qu'il regardait comme unique, vivant sur le *Pistacia terebinthus*.

Ce n'est pas que l'on ne connût les galles produites sur le *P. terebinthus*, avant les auteurs que nous venons de citer; Théophraste, J. Bauhin et quelques autres auteurs moins célèbres s'en sont occupés, au point de vue de la science pure, mais surtout au point de vue des diverses applications des galles à la médecine et à la teinture.

Quoi qu'il en soit, voici le point où M. Passerini, qui s'est occupé le dernier avec le plus de détails des Aphidiens dont il s'agit, a conduit et laissé la question. Son mémoire m'a été très-obligeamment communiqué par M. Guérin-Méneville.

D'abord M. Passerini a reconnu que les auteurs des galles du *P. terebinthus* appartiennent au genre *Pemphigus* Hartig, et ceux de la galle du *P. lentiscus* au genre *Tetraneura* du même auteur.

Puis il s'est assuré que chacune des trois sortes de galles qu'il a observées sur le *P. terebinthus* contient des *Pemphigus* appartenant à des espèces différentes, malgré leur extrême ressemblance. Quant au *Tetraneura,* M. Passerini n'en a reconnu qu'une espèce qui vit sur le Lentisque.

Il a encore constaté, ce qui ne l'a été par personne avant lui, et ce que, à ma connaissance, personne n'a observé après lui, que les *Pemphigus* ailés, qui s'échappent des galles du Térébinthe, déposent non pas des œufs, mais des petits vivants, dont il ignore la destinée. En cela, il n'a fait que confirmer ce que Réaumur et même Geoffroy avaient vu avant lui sur d'autres

espèces d'Aphidiens, même de ceux qui leur sont très-voisins, et qui occupent les galles de l'Orme et du Peuplier.

J'ai peu à ajouter à ces observations, mais du moins je les confirmerai sur presque tous les points et je les compléterai sur plusieurs.

D'abord j'ai observé sur le Térébinthe cinq sortes de galles :

1° Une galle en forme de corne irrégulière, terminée en pointe, parfois très-volumineuse, pouvant mesurer jusqu'à 15 centimètres et plus de longueur, et 4 ou 5 centimètres de diamètre à la base, et souvent contournée de plusieurs façons. Par une observation attentive, j'ai pu constater qu'elle est formée aux dépens de tout le rachis de la feuille composée du Térébinthe, dont les folioles ont avorté, la piqûre de l'Insecte ayant eu lieu de très-bonne heure. Il n'y a d'incomplétement développées quelquefois que les folioles de la base.

2° Une galle à peu près sphérique, dont la grosseur peut varier de celle d'un œuf de Poule à celle d'un petit œuf de Pigeon. Elle se forme aux dépens de la nervure médiane d'une foliole, dont elle détermine le rachitisme et le desséchement.

3° Une galle, que M. Passerini a appelée *semilunaire,* qui a été décrite et figurée par Réaumur, et qui occupe l'un des côtés d'une foliole, dont elle détermine la défiguration, en prenant l'aspect gaufré et contourné, de manière à rapprocher ses deux extrémités, et même à les faire se toucher quelquefois. Ces trois sortes de galles, surtout la deuxième et la troisième, présentent une couleur jaune pâle, qui rappelle celle d'un végétal étiolé ; mais quelquefois elles offrent, surtout la première, un côté plus ou moins rouge, qui les fait ressembler à un fruit approchant de la maturité ; elles ont été parfaitement reconnues par M. Passerini.

4° Une galle aplatie dans le même sens que la feuille, différant peu de coloration avec elle, et déformant à peine ou même ne déformant pas du tout la foliole sur les bords de laquelle elle s'est développée. Il faut beaucoup d'attention pour la trouver, au moins pour la première fois.

5° Une galle petite, rouge, renflée, mais ne déformant pas la

foliole sur les bords de laquelle elle se développe, ou bien la déformant un peu d'une manière symétrique, lorsqu'elle prend naissance à l'extrémité de la nervure principale.

Chacune de ces galles est habitée par un *Pemphigus* d'une espèce distincte, ainsi que je m'en suis assuré en examinant simultanément : 1° ce que j'appelle la première génération, qui se compose d'individus sans ailes ; 2° la seconde génération, qui prend des ailes lorsqu'elle devient adulte ; et 3° la troisième génération qui est produite par celle-ci.

J'ai trouvé, surtout dans les antennes et la trompe, chez ces espèces considérées dans leur ensemble, des différences qui me paraissent motiver suffisamment leur distinction. Du reste, M. Passerini avait déjà constaté qu'il y avait trois espèces, correspondant aux trois formes de galles reconnues par lui.

Je dirai fort peu de chose sur les *Tetraneura* du Lentisque, leurs habitudes étant tout à fait analogues à celles des *Pemphigus* du Térébinthe.

Je m'étendrai également très-peu sur l'organisation de ces animaux ; je me bornerai à citer deux particularités :

1° Les sortes de tubercules ou de verrues, qui présentent sur les antennes les individus ailés, que j'appelle de la seconde génération. Je mentionne ces tubercules déjà signalés par M. Planchon, mais je n'en précise pas les fonctions.

2° Les ocelles, qui sont les seuls organes de la vision des individus de la première génération, se retrouvent encore sur les ailés, simultanément avec les yeux composés ; mais alors ils sont pour ainsi dire greffés sur ceux-ci, dont ils occupent la partie inférieure, sur laquelle ils se montrent comme des tubercules saillants de couleur rouge.

Il est bien encore une particularité qui pourrait être mentionnée, si elle n'était pas tout à fait en dehors de la loi commune : je veux parler de la disposition de la trompe. Dans celle-ci, en effet, la portion qui sert de gaîne aux trois organes filiformes, dont un au moins est perforant, paraît, par sa position, tenir au prothorax, dont on la prendrait pour une dépendance, plutôt qu'à la tête, et dans les cas où les parties m'ont

apparu avec le plus de netteté, une séparation bien tranchée m'a semblé exister entre ces deux organes; mais ceci n'est assurément qu'une apparence.

Je prends à présent les choses d'aussi loin que j'ai pu les observer.

Au mois d'avril, un peu plus tôt ou un peu plus tard, lorsque les bourgeons du Térébinthe commencent à s'ouvrir, on observe sur ces bourgeons de très-petits Aphidiens, paraissant noirs, qui n'attendent que le moment où ils pourront s'introduire parmi les feuilles. Quelque temps après, on observe les galles toutes formées, suivant leur espèce, très-petites, et contenant chacune un Puceron. Le Puceron s'est enfermé là, et désormais ne doit plus avoir de communication avec l'extérieur. Il vit solitaire et grossit lentement, changeant de peau à mesure que son vêtement devient trop étroit. Concurremment la galle s'agrandit, à mesure que les feuilles croissent, et que l'animal reitère ses piqûres.

Puis, à une époque que l'on ne peut préciser exactement, dans le courant du mois de mai ou de juin, le Puceron qui, depuis son jeune âge, est demeuré forcément solitaire, et qui s'est beaucoup gonflé, commence à mettre bas des petits vivants. Je suppose que la première génération qu'il produit se compose d'Insectes aptères, que Réaumur appelle des *mères;* au moins, je n'ai pas pu bien constater s'il ne produit que des mères, ou si, en même temps, il n'en sort pas de ceux qui, plus tard, deviendront ailés. Quoi qu'il en soit, ces premiers *Pemphigus* sont faciles à reconnaître : leur forme est trapue ; ils ont l'abdomen renflé et comme tronqué postérieurement; leur coloration est toujours plus prononcée que celle de leur progéniture, elle est d'un beau rouge orangé. Ils sont toujours très-peu nombreux, et se remarquent au milieu d'une populeuse colonie ; ce sont ceux que je nomme de *première génération*. Ils produisent ceux de *deuxième génération*, vivants et sans copulation préalable, comme ils ont été produits eux-mêmes par le Puceron, auteur et source de toute la troupe. On les a pris quelquefois pour des mâles : c'est qu'ils ne contenaient plus les fœtus dont ils s'étaient

débarrassés, et il est impossible d'y constater en aucune façon la présence de spermatozoïdes.

La deuxième génération se compose d'individus qui doivent plus tard prendre des ailes, phénomène qui a lieu progressivement, et à la description duquel je n'ai rien à ajouter à ce qu'en dit Réaumur.

Ceux-ci ne produisent rien jusqu'à ce qu'ils deviennent adultes, et qu'ils soient sortis des galles. Il est facile néanmoins de s'assurer que des fœtus s'élaborent dans leur sein, devant aussi être produits vivants, et sans le concours des sexes. En effet, si on leur presse légèrement l'abdomen, on peut en faire sortir des fœtus plus ou moins avancés ; mais aucun n'a acquis encore assez de développement pour pouvoir vivre. Ceci n'a lieu que lorsque l'animal a pris la forme d'adulte, en devenant ailé et en prenant une coloration brune.

Je ne suis pas plus avancé que mes prédécesseurs sur le compte de la progéniture des Pucerons ailés ; je ne sais encore ni où ils vont la déposer, ni comment elle vit. Les individus qui la composent diffèrent considérablement de ceux qui leur ont donné le jour, et si l'on n'était pas convaincu, pour l'avoir vu et constaté un millier de fois, qu'ils sont bien les fils de leur mère, les descendants de la deuxième génération seraient regardés par un œil non prévenu, comme appartenant à une tout autre espèce que ceux produits par la première génération. Leur corps, en effet, est plus ou moins couvert de poils ; leur couleur est beaucoup plus sombre ; leur forme est en général plus trapue ; leur allure est plus décidée et leur marche plus rapide ; leurs antennes ont un article de moins et leur trompe a en général d'autres proportions ; ce sont ceux que je nomme de la *troisième génération*.

Les mères ailées s'envolent ; on les perd bientôt de vue, et, jusqu'à ce jour, il m'a été impossible de les rencontrer ailleurs. Tout ce que j'ai fait a été inutile : j'ai battu les arbres et les plantes de toute espèce ; j'ai examiné les rochers et le sol autant que c'était praticable, je n'ai rien pu découvrir. Peut-être le secret se révèlera-t-il au moment où je m'y attendrai le moins ; mon attention est toujours tendue de ce côté-là.

J'ai aussi fait inutilement des expériences plus directes. J'avais observé que les Pucerons, qui s'échappaient des galles ouvertes dans mon cabinet, allaient se heurter contre les vitres des fenêtres, et là que la plupart mettaient bas leur progéniture, dans l'impossibilité d'aller plus loin. J'ai porté des branches de Térébinthe et de plusieurs autres arbres que j'ai mises auprès des fenêtres, mais les Pucerons ont toujours refusé obstinément de s'y poser ou au moins de s'y arrêter.

J'ai à plusieurs reprises secoué une galle en corne, espèce qui renferme le plus de Pucerons, au moment où ceux-ci étaient sur le point d'en sortir, sur le tronc d'un vieux Térébinthe, dont l'écorce était rugueuse et fendillée ; mais je les ai toujours vu s'éloigner, fuir, pour ainsi dire, l'arbre, qui jusque-là leur avait fourni le toit et la table. Une seule fois, j'ai cru un instant que cette expérience m'avait réussi ; les Pucerons se cachèrent dans les anfractuosités de l'écorce, et, deux jours après, j'en trouvai des quantités qui restaient immobiles dans les petites cavités qui leur avaient servi de refuge ; mais les recherches les plus attentives ne purent me faire apercevoir un seul de leurs fils, et deux jours plus tard ils s'étaient envolés, pas un n'était resté. Je n'ai pu m'expliquer cela que de deux façons : 1° Peut-être la galle que j'avais ouverte n'était pas assez mûre, c'est-à-dire que la plupart des Pucerons qu'elle contenait n'avaient pas atteint le terme de leur développement ; ils attendirent dans les petits creux du Pistachier, que l'heure de leur maturité eût sonné, et alors ils s'envolèrent ; 2° ou bien, comme il ne faisait pas bien beau ce jour-là, et que le temps fut à la pluie les jours suivants, ils attendirent un moment favorable, un beau soleil, pour exécuter leur migration. Quoi qu'il en soit, ils disparurent.

A ce propos, je citerai un exemple remarquable de l'influence de la lumière du soleil sur les Pucerons. J'avais chez moi plusieurs galles ouvertes laissant échapper peu à peu leurs habitants, de manière qu'il eût fallu au moins tout le jour pour qu'elles se fussent complétement vidées. J'eus l'idée de les transporter dans mon jardin situé au midi ; il faisait ce jour-là un temps d'une sérénité parfaite. Dès l'instant que j'eus mis les

galles au soleil, un grand tumulte se manifesta et les Pucerons s'envolèrent, si bien que, quelques minutes après, il ne restait plus que ceux de la première génération qui sont dépourvus d'ailes.

La dispersion des *Pemphigus* du Térébinthe dure depuis la fin du mois d'août jusqu'à la fin d'octobre. J'ai trouvé le 20 octobre encore quelques galles contenant des Pucerons devant acquérir des ailes, mais ne les ayant pas encore bien développées.

Je vais maintenant exposer des faits qui se rapportent probablement aux *Pemphigus* qui vivent dans les galles des Pistachiers, mais dont la liaison avec ceux-ci n'est pas intime, ou du moins il ne m'a pas encore été donné de saisir le lien positif qui existe entre eux :

1° J'ai trouvé, d'abord sous l'écorce des branches mortes du *P. terebinthus*, une sorte de kyste ou d'enveloppe crustacée, ayant conservé à peu près la forme d'un Puceron non ailé, avec des restes d'antennes et de pattes tombées en partie. Ces corps sont tous de même forme ; mais les uns presque noirs et opaques, les autres bruns et un peu translucides. Ensuite, lorsque mon attention a été attirée sur ces kystes, je les ai trouvés très-abondamment surtout dans les fentes de l'écorce rugueuse des vieux Térébinthes. Je les ai aussi rencontrés très-fréquemment dans les fentes du *P. vera;* j'en ai encore trouvé de plus petits et de forme un peu différente sur le *P. lentiscus*; j'en ai observé dans les fentes de l'écorce du Peuplier d'Italie qui, comme on le sait, est attaqué par plusieurs Pucerons à galles; je n'en ai point trouvé sur les autres arbres que j'ai examinés ; mais, il faut le dire, je n'ai pas mis à cet examen toute l'attention et tout le temps convenable pour pouvoir affirmer positivement leur absence. L'Orme surtout mérite d'être observé avec soin sous ce rapport.

Maintenant qu'étaient ces corps? Sans exposer toutes les hypothèses que j'ai faites sur leur compte, je dirai de suite que, le 30 mars 1867, j'en ai vu sortir un Puceron, et que j'ai répété plusieurs fois cette observation ; c'est donc une phase de repos

dans l'existence d'une espèce de Puceron. Mais quelle relation existe-t-il entre les jeunes qui sont déposés je ne sais où par les *Pemphigus* ailés sortis des galles des Pistachiers, et ceux que je trouve abondamment à l'état de kystes dans les fentes de l'écorce du même arbre? ou, au moins, avec quelle espèce ces kystes ont-ils du rapport? C'est là un problème que je cherche tous les moyens de résoudre ; mais l'expérience est longue à faire, et lorsqu'on a manqué une année l'occasion d'éclairer ce point de leur histoire, force est bien d'attendre avec patience l'année suivante. Au premier printemps, j'ai bien trouvé sous l'écorce des Pistachiers des familles de Pucerons ; mais je n'ai pas eu le loisir de les suivre, je n'ai pu même les observer convenablement.

2° Au mois d'avril, j'ai observé des Pucerons ailés parcourant le tronc et les branches du Térébinthe et produisant des petits vivants ; j'ai pu m'en assurer en pressant un peu l'abdomen de ceux qui en contenaient encore, car la plupart s'étaient tout à fait vidés, ce que témoignait leur abdomen ratatiné. Ces *Pemphigus* sont-ils ceux qui déposent leurs petits sur les bourgeons près de s'ouvrir? Cela peut être ; mais je n'ai pu m'en assurer directement, et, de plus, quoiqu'ils appartiennent bien évidemment au genre *Pemphigus*, ils paraissent être d'une espèce différente de tous ceux que j'ai observés sortant des galles du Térébinthe.

Voilà tout autant de *desiderata* qu'il sera intéressant d'élucider. Les observations exposées ci-dessus serviront de point de départ à moi, ou à d'autres plus heureux que moi, pour résoudre ces difficultés.

Tous les faits que j'ai énoncés sont le résultat d'observations certainement incomplètes, mais néanmoins qui sont positives. Maintenant qu'il me soit permis de hasarder un petit nombre d'hypothèses :

1° Puisque je n'ai jamais trouvé que des Pucerons vivipares sans accouplement, il faut admettre ou qu'ils sont hermaphrodites, comme l'assure M. Balbiani, ou qu'il n'y a réellement qu'un seul sexe ; ou mieux, qu'il n'y a pas de sexes, les petits pouvant être considérés comme des bourgeons caducs ; mais,

dans les deux cas, il peut, j'ai presque dit : il *doit* y avoir une reproduction par voie d'accouplement, puisque cela paraît être une loi générale, et que d'autres espèces, voisines de celles-ci, se reproduisent d'abord sans accouplement, puis à une autre époque, par l'union des deux sexes. Or ce phénomène pourrait bien avoir lieu pendant la phase de leur existence, qui jusqu'à présent a échappé à mes recherches. J'ai, en effet, cru remarquer sur les produits de la deuxième génération quelques différences qui pourraient être le signe de sexes différents; mais, outre que cette troisième génération n'a été observée qu'à l'état tout à fait jeune, le fait lui-même mérite confirmation.

2° Les kystes, que je n'ai trouvés que sur des arbres qui ont des galles, doivent avoir une liaison avec les Pucerons qui vivent dans celles-ci. Mais si cela est, comment se fait-il que les Pucerons ailés fuient, avec une sorte de répugnance, l'arbre, aux dépens duquel ils vivent jusqu'alors? Et pourquoi ne les trouve-t-on pas ailleurs? Serait-ce qu'ils ne fuient que l'individu ? Ils ne le quitteraient alors que pour en chercher un autre de même espèce, la nature agissant ainsi pour distribuer en quelque sorte les risques, et répandre plus uniformément les Pucerons dans l'intérêt des animaux et des végétaux, ceux-là trouvant plus aisément leur pâture, et ceux-ci étant moins sujets à être épuisés en nourrissant de trop nombreuses colonies. On peut dire que, dans cette circonstance, le soin dont la nature entourerait les arbres, serait plus grand que celui qu'elle prendrait des animaux, ceux-ci étant exposés à de nombreuses causes de destruction pendant leur migration.

3° J'ai trouvé, à côté des kystes, de véritables œufs, entourés seulement d'une couche de filaments blancs. Ces œufs avaient exactement la même forme et les mêmes dimensions que les kystes supposés dépouillés de la peau des Pucerons qui en forme l'enveloppe extérieure. Ces œufs pourraient être l'œuvre des Pucerons qui n'en contiendraient chacun qu'un seul, qu'ils déposeraient par exception ; mais, dans la plupart des cas, cet œuf unique resterait dans l'animal dont la peau se dessécherait, durcirait et lui formerait un abri. Ce qui me fait penser qu'il en est

ainsi, c'est que ces kystes ne présentent ordinairement aucune trace d'organisation. Mais il faudra les suivre de près, et étudier si l'animal, qui d'abord ne s'y montre d'aucune façon, s'y développe peu à peu.

4° Enfin je tenterai, à l'aide des faits que j'ai exposés, de construire l'histoire complète du développement des Pucerons des galles des Pistachiers.

Des animalcules noirs sont déposés sur les bourgeons des Pistachiers. Lorsque ceux-ci sont épanouis, les animalcules vont se loger chacun dans la partie de la feuille qui convient à son organisation. Cette feuille piquée se replie et forme une petite galle, dans laquelle l'animalcule est enfermé solitaire.

L'animalcule grossit, et met bas une première génération d'individus qui resteront aptères pendant toute leur vie. Ceux-ci, sans accouplement préalable, donnent naissance à une deuxième génération qui aura des ailes; ceux-ci s'envolent, et vont déposer une troisième génération composée d'individus couverts de poils. Cette génération s'accouple, et les femelles fécondées, mais restées très-petites, contiennent chacune un œuf, qui reste ordinairement dans leur corps ; elles meurent, et leur corps sert d'enveloppe à leur œuf. L'œuf éclot, il en sort un Puceron, que nous pouvons appeler de quatrième génération, qui grandit et prend des ailes ; celle-ci met bas des petits vivants et tous noirs ; ce sont ceux qui commencent la série des faits et des transformations que nous venons de décrire ; ils formeraient la cinquième génération.

Si cette histoire était l'expression de la vérité, voilà une espèce qui se composerait de cinq générations, dont quatre sans accouplement ; chaque génération présenterait des caractères qui pourraient la faire prendre pour une espèce distincte, si elle était considérée isolément. Ce genre présenterait un exemple de génération alternante poussée à un degré jusqu'à présent inconnu chez les animaux, et en même temps une génération alternante, qui ne donnerait pas des individus différant par des caractères génériques, comme les Méduses, les Trématodes, etc., mais seulement des caractères spécifiques.

C'est certainement un sujet d'intéressantes et sérieuses méditations dans la partie qui est connue et avérée, et encore plus dans la partie hypothétique, quelle que soit la vérité.

Je vais donner à présent les caractères des espèces que j'ai mentionnées, ne me permettant pas de toucher aux caractères génériques, par l'excellente raison que je ne connais pas les écrits de Hartig où ils sont donnés. Je suppose que ces écrits étaient assez bien connus de M. Passerini, et c'est d'après lui que j'accepte les genres *Pemphigus* (Hartig) et *Tetraneura* (Hartig).

Genre PEMPHIGUS.

I. — PEMPHIGUS CORNICULARIUS (*Passerini*).

1ª Generatio : *antennæ* breves, articulis quinque munitæ, ultimo longissimo, tertio paulo minore in medio compresso et aliquoties duos articulos simulans, duobus basalibus cæteris brevioribus sed plerumque crassioribus. *Proboscis* brevis inter secundum et tertium membrum vix perveniens. *Corpus* ovatum pilis raris anum circumdantibus. *Color* saturate aurantiacus (fig. 1). Animalia aptera.

2ª Generatio : *antennarum* articuli sex quorum primus vix conspicuus, tertius longissimus, sextus paulo brevior, paucis tuberculis ornati. *Proboscis* mesothoracem attingens. *Corpus* oblongum. *Color* junioris flavus adultioris fuscus in prothorace et abdomine, niger in thorace (fig. 2-2ª). Animalia alata.

3ª Generatio : *antennarum* articuli quatuor quorum tertius et quartus fere æquales, aliis longiores. *Proboscis* tertii membri locum valde superans prope medium abdomen assequens. *Corpus* ellipticum cum membris et antennis pilis hirtis ornatum (fig. 3). Animalia aptera.

Habitat. — In Pistaciæ terebinthi folliculo oblongo et ventricoso e folii rachide enascente.

II. — PEMPHIGUS UTRICULARIUS (*Passerini*).

1ª Generatio : *antennæ* breves, articulis quinque, quorum tertius longissimus. *Proboscis* crassiuscula secundum membrum

assequens vel vix superans. *Corpus* ovatum. *Color* ut præcedentis (fig. 4). Animalia aptera.

2ª Generatio : *antennarum* articulus primus brevissimus, tertius maximus, cæteri pene æquales, valde tuberculati præter primum secundum et ultimum. *Proboscis* vix mesothoracem attingens. *Corpus* oblongum. *Color* ut præcedentis (fig. 5-5ª). Animalia alata.

3ª Generatio : *antennarum* articuli quatuor penultimus longissimus. *Proboscis* tertium membrum superans. *Corpus* ovatum postice quasi truncatum, antennæ et membra pilis hirtis ornata. *Color* præcedentis (fig. 6). Animalia aptera.

Habitat. — In Pistaciæ terebinthi folliculo globoso e petiolulo folii enascente.

III. — PEMPHIGUS SEMILUNARIUS (*Passerini*).

1ª Generatio : *antennarum* articuli quinque tertio et ultimo longioribus. *Proboscis* inter secundum et tertium membrum perveniens. *Corpus* ut præcedentis. *Color* ut præcedentis (fig. 7). Animalia aptera.

2ª Generatio : *antennarum* articuli sex sextus, longissimus tertius et quartus parce tuberculati. *Proboscis* trans prothoracem parum protracta. *Corpus* ut præcedentis. *Color* ut præcedentis (fig. 8-8ª). Animalia alata.

3ª Generatio : *antennæ* longæ, articulis quinque, articulo tertio alios longè superante. *Proboscis* corporis longitudinem æquans et superans. *Corpus* ellipticum. *Color* ut præcedentis (fig. 9-9ª). Animalia aptera.

Habitat. — In folliculis semilunariis folioli bipartito inflati et deformati e margine supra inflexo enascentibus.

IV. — PEMPIGUS PALLIDUS, N.

1ª Generatio : *antennarum* brevium articuli sex pene æquales. *Proboscis* crassa vix tertium membrum attingens. *Corpus* ut præcedentis. *Color* minus intense aurantiacus (fig. 10). Animalia aptera.

2ª Generatio : *antennarum* articuli sex, tertio alios superante, valde tuberculis minutis ornati. *Proboscis* trans prothoracem valde protracta. *Corpus* ut præcedentis. *Color* junioris virides-cens, adultioris ut præcedentis (fig. 11-11ª). Animalia alata.

3ª Generatio : *antennæ* longo, articulo tertio omnium longis-simo, articulis quinque. *Proboscis* ad extremitatem corporis attingens. *Corpus* ovatum postice quasi truncatum. *Color* ut præcedentis (fig. 12). Animalia aptera.

Habitat. — In folliculis viridibus, planis et foliolum non de-formantibus ad cujus marginum enascunt.

V. — PEMPHIGUS MINOR, N.

1ª Generatio : *antennarum* articuli quinque, tertio cæteros paulo superante. *Proboscis* ultra tertium membrum vix perve-niens. *Corpus* ut *P. cornicularii*. *Color* ut *P. cornicularii* (fig. 13). Animalia aptera.

2ª Generatio : *antennarum* articuli sex, tertio alios superante valde tuberculati. *Proboscis* trans prothoracem valde protracta. *Corpus* ut præcedentis. *Color* ut *P. cornicularii* (fig. 13-14ª). Animalia alata.

3ª Generatio : *antennarum* articuli quinque, tertio alios supe-rante. *Proboscis* longitudinem corporis valde superans. *Corpus* ellipticum. *Color* ut præcedentis (fig. 15). Animalia aptera.

Habitat. — In folliculis parvis, torulosis, rubris, e margine folioli raro solitariis, sæpius 2-3 catinatim dispositis, aliquoties ad extremitatem nervi mediani folioli enascentibus.

Genre TETRENEMA.

Ce genre ne diffère du précédent que par la disposition des ailes qui sont horizontales. A part cela, je n'y trouve que des caractères spécifiques.

TETRENEMA LENTISCI (*Passerini*).

1ª Generatio. (Je n'ai pas pu retrouver le tube dans lequel

j'avais mis cette première génération, et je n'en puis préciser les caractères.)

2ª Generatio : *antennarum* articuli sex, ultimo aliorum longissimo, tuberculis latis et paucibus ornati. *Proboscis* aliquantum trans prothoracem protracta. *Corpus* oblongum. *Color* junioris dilute viridis, adultioris ut *P. cornicularii* (fig. 20). Animalia alata.

3ª Generatio : *antennarum* articulis quatuor pilosis. *Corpus* ellipticum postice inflatum. *Color* fuscescens. *Proboscis* inter secundum et tertium membrum perveniens (fig. 21). Animalia aptera.

Habitat. -- In folliculis rubris vel flavo-viridescentibus dimidiam partem folioli *Pistaciæ Lentisci* occupantibus.

EXPLICATION DES FIGURES.

PLANCHES 3 ET 4.

Fig. 1, 2, 2 *a*, 3. *Pemphigus cornicularius*, Passerini.

Fig. 4, 5, 5 *a*, 6. *Pemphigus utricularius*, Passerini.

Fig. 7, 8, 8 *a*, 9. *Pemphigus semilunarius*, Passerini.

Fig. 10, 11, 11 *a*, 12. *Pemphigus pallidus*, N.

Fig. 13, 14, 14 *a*, 15. *Pemphigus minor*, N.

Fig. 16. Tête et antennes du *Pemphigus* que j'ai trouvé en grand nombre errant sur les branches du *P. terebinthus*.

Fig. 17. Aphidien que j'ai trouvé en grand nombre sur les bourgeons du *P. terebinthus*.

Fig. 18. Kyste que j'ai trouvé en grand nombre dans les fentes de l'écorce du *P. terebinthus* et du *P. verâ*.

Fig. 19. Œuf dont j'ai trouvé quelques-uns dans la même situation que les kystes précédents.

Fig. 20. Deuxième génération du *Tetraneura lentisci*.

Fig. 21. Troisième génération du *Tetraneura lentisci*.

Fig. 22. Kyste trouvé sous l'écorce du *P. lentiscus*.

Fig. 23. Œuf trouvé sous l'écorce du *P. lentiscus*.

PUBLICATIONS NOUVELLES.

Réapparition du genre Arethusina, par M. Barrande (in-8, Prague, 1868).

« La réapparition d'un type générique après une plus ou moins longue intermittence, dit l'auteur, est un phénomène qui se présente assez fréquemment dans la série géologique et dont l'explication offre de sérieuses difficultés, parce qu'elle est en connexion immédiate avec les questions relatives à l'origine et à la succession des formes animales sur le globe. Jusqu'à ce jour, aucun savant, à notre connaissance, ne s'est spécialement occupé de ces disparitions et réapparitions des genres. Cependant, il serait important de les étudier, sinon avec l'espoir de les expliquer immédiatement d'une manière satisfaisante, du moins dans le but d'ouvrir la voie vers une solution en constatant convenablement les faits. Il s'agirait avant tout d'établir quels sont les types, réellement identiques, qui, après avoir disparu sur un horizon géologique, reparaissent sur un horizon plus élevé. L'étendue verticale de ces intermittences devrait être en même temps appréciée de manière à pouvoir être représentée par des termes comparables pour les diverses occurrences. En attendant que quelque intelligence veuille bien se vouer à ces recherches, nous allons exposer un exemple d'intermittence qui nous est offert par le genre *Arethusina* appartenant à la tribu des Trilobites et qui nous paraît mériter l'attention des géologues à cause des circonstances qui la caractérisent. D'abord l'identité générique des deux formes successives qui représentent le type est tellement évidente, qu'à défaut d'une minutieuse attention, elle pourrait bien être regardée comme une identité spécifique. En second lieu, les horizons sur lesquels ces deux formes ont existé sont séparés par une distance verticale qui embrasse la durée de plusieurs faunes distinctes, sans qu'aucune de ces lacunes ait, jusqu'ici, montré un Trilobite quelconque que nous puissions considérer comme un représentant intermédiaire du même genre. » L'auteur rappelle qu'il a déjà signalé un semblable phénomène pour deux autres types génériques : les *Phillipsia* et les *Bactrites*.

Mémoires pour servir à la connaissance des Crinoïdes vivants, par M. Michel Sars (in-4, Christiania, 1868, 65 p. et 6 pl.).

Les Crinoïdes pédicellés qui, aux époques géologiques anciennes, étaient très-nombreux, n'ont que fort peu de représentants à l'époque actuelle; M. Sars a découvert, dans les mers du Nord, une espèce nouvelle de ces Échinodermes remarquables et en a fait une étude très-attentive. Il la considère comme devant constituer un genre nouveau, et il la désigne sous le nom de *Rhizocrines lofotensis*. Le mémoire, dans lequel ce zoologiste éminent nous l'a fait connaître, est rédigé en français, quoique publié en Norwége.

OBSERVATIONS

SUR

LA FÉCONDATION DES MOLLUSQUES CÉPHALOPODES

DU GOLFE DE GASCOGNE,

Par M. A. LAFONT (d'Arcachon).

Les formes étranges de ces animaux et leurs habitudes singulières ont attiré de tout temps l'attention des naturalistes; cependant malgré les nombreuses études dont ils ont été l'objet, les mœurs et surtout le mode de fécondation de ces Mollusques sont encore très-imparfaitement connus.

Au XVIII^e^ siècle, Swammerdam et Needham, en découvrant et en décrivant les spermatophores de la Sèche et du Calmar, levèrent un coin du voile; mais leurs idées sur ces singuliers engins furent loin d'être acceptées unanimement par les savants, dont une partie persista à regarder ces tubes, tantôt comme des Helminthes, tantôt comme des Zoospermes gigantesques.

En 1842, M. Milne Edwards (*Annales des sciences naturelles*, 2^e^ série, t. XVIII, p. 331) trancha définitivement la question en faveur de Needham, en décrivant minutieusement les spermatophores *du Calmar*, *de la Sèche*, *du Poulpe commun et de l'Élédone musqué;* ce savant naturaliste constata que les spermatophores contenus dans la poche de Needham étaient composés : 1° d'une enveloppe générale ou étui; 2° d'un réservoir à sperme occupant la partie postérieure de l'étui; 3° d'un appareil éjaculatoire situé en avant et composé de trois parties : la trompe, le sac et le connectif; enfin la partie postérieure de la trompe renferme un ruban columellaire roulé en spirale de manière à simuler un ressort à boudin.

En 1845, MM. Lebert et Robin trouvèrent dans la cavité

branchiale d'une *Ommastrephes sagittatus* femelle (1), un gros paquet de spermatophores fixés un peu au-dessous de la branchie droite, et précisément à la hauteur de l'oviducte droit. (*Annales des sciences naturelles*, 3e série, t. IV, p. 95.) Ils constatèrent que la partie contenant l'appareil éjaculateur, dans les spermatophores contenus dans la poche de Needham, était adhérente à la paroi interne du sac de la femelle, tandis que la partie contenant le réservoir à sperme était complétement libre ; quant au fil disposé en ressort à boudin, il leur fut impossible d'en trouver la moindre trace.

En 1852, MM. Vérany et Vogt décrivirent minutieusement l'*Hectocotyle du Tremoctopus carena* des environs de Nice (*Annales des sciences naturelles*, 3e série, t. XVII, p. 147), et arrivèrent aux conclusions suivantes : 1° l'*Argonote*, le *Trœmoctope violacé* et le *T. carena* ont les mâles conformés d'après le type commun à tous les Céphalopodes ; 2° un des bras de ces mâles est conformé spécialement pour devenir un organe copulateur ; 3° les êtres connus sous le nom d'*Hectocotyle* ne sont point des animaux à part, mais seulement des bras copulateurs détachés de ces mâles et chargés d'une machine séminale ; 4° les bras copulateurs détachés sont renouvelés périodiquement.

Enfin en 1866, M. Fischer relata, dans les *Annales des sciences naturelles*, 5e série, t. VI, p. 308, le fait de l'accouplement de deux *Sepia* dans un des bacs de l'aquarium de la Société scientifique d'Arcachon. De l'aveu de tous les naturalistes dont je viens de citer les travaux, il restait encore bien des points à éclaircir ; aussi depuis l'année dernière, mon attention s'est-elle portée d'une façon toute spéciale sur les diverses espèces de Mollusques céphalopodes, qui visitent annuellement nos côtes occidentales.

(1) En comparant la figure relative à l'animal, trouvé par MM. Lebert et Robin, et rapporté par eux au *Loligo vulgaris*, avec les organes de la génération du *Loligo vulgaris* et ceux de l'*Ommastrephes sagittatus*, j'ai acquis la certitude que l'animal qu'ils ont observé n'appartient pas au genre *Loligo*, mais bien au genre *Ommastrephes*, et que très-probablement il doit être rapporté à l'*O. sagittatus* ; pour éviter toute confusion, je désignerai désormais sous ce nom l'animal qui a été l'objet de la note insérée dans les *Annales*. (*Loc. cit.*)

Grâce à mon long séjour à Arcachon et surtout à l'aquarium de cette ville, j'ai pu faire de nombreuses observations, qui bien qu'incomplètes, jetteront quelque lumière sur les faits qui se rattachent à la génération de ces animaux.

OCTOPUS VULGARIS.

Par suite d'un hasard au moins singulier, tous les Poulpes (30 environ) que j'ai pu observer à l'aquarium en 1867, étaient des mâles; tous sont morts dans la seconde quinzaine de novembre, avant que les appareils de chauffage aient pu être installés; à cette époque, le testicule et le canal déférent contenaient des spermatozoïdes bien vifs, et presque tous les utricules renfermaient des ovules dans lesquels on voyait quelquefois un spermatozoïde enroulé. La partie supérieure du canal déférent et peut-être le bas des vésicules séminales contenaient des petits cylindres soudés ensemble et pleins de spermatozoïdes, sans aucun mélange d'ovules. Ces petits cylindres étaient disposés en ligne brisée avec un petit renflement au point de contact.

En 1868, je n'ai ouvert encore que des Poulpes mâles; un d'eux, mort à l'aquarium le 20 avril, portait un assez grand nombre de spermatophores réunis en un seul paquet légèrement spiral, occupant la partie moyenne de la poche de Needham; ces organes étaient semblables à ceux décrits par M. Milne Edwards (*loc. cit.*).

Dans un autre Poulpe, mort également à l'aquarium le 4 août, toutes les vésicules du testicule contenaient des ovules remplis de globules transparents réfractant très-fortement la lumière; ces ovules étaient à divers degrés de développement; les plus gros présentaient de chaque côté de leur grand diamètre un amas de globules plus foncés, formant deux traînées; dans les ovules moyens, on voyait une large vésicule germinative occupant la moitié du diamètre de leur sommet, je n'ai pu y découvrir de taches germinatives; enfin, les plus petits ne renfermaient que des globules très-clairs et très-espacés; les vésicules séminales et la poche de Needham contenaient une faible quantité d'un liquide épais, blanc, amorphe.

Dans un autre sujet mort le 31 août, tous les ovules mâles portaient sans exception la vésicule et la tache germinatives. Le testicule de deux autres Poulpes morts le lendemain avait pris une teinte grisâtre, et sa substance formait une sorte de bouillie épaisse, formée par les ovules plongés dans un liquide épais; très-peu avaient encore la vésicule et la tache germinative.

Le 12 septembre, le testicule d'un Poulpe contenait un assez grand nombre de spermatozoïdes développés, les ovules n'avaient plus ni vésicule, ni taches germinatives; dans la partie supérieure du canal déférent se trouvait un long tube à parois très-minces, étranglé à distances à peu près égales et contenant des spermatozoïdes. Dans les vésicules séminales, et dans le canal de Needham, on voyait des corps, espacés, allongés, dentelés sur leurs bords et striés en travers; ces corps étaient remplis de spermatozoïdes; les spermatophores de la poche de Needham étaient à peu près semblables à ceux figurés par M. Milne Edwards (*loc. cit.*), mais un long tube sortait de leur partie inférieure et leur transparence permettait de voir ce tube traverser le sac pour venir former le réservoir à sperme en s'enroulant en spirale dans la partie supérieure de l'étui; quelques-uns de ces spermatophores contenaient des spermatozoïdes, d'autres étaient complétement vides, bien que présentant un aspect identique.

Dans un autre Poulpe ouvert le même jour et dont les organes génitaux étaient dans le même état que ceux du sujet ci-dessus, tous les spermatophores étaient vides et ne renfermaient pas des spermatozoïdes; la partie supérieure de l'étui était remplie par un tube plus lâchement enroulé que dans les spermatophores contenant des spermatozoïdes.

Trois des Poulpes dont je viens de parler avaient des bras coupés et commençant à repousser.

Poulpe n° 1, bras coupés, bras droits de la première et de la seconde paire, bras repoussé, bras de la première paire.

Poulpe n° 2, bras coupés, bras droits de la deuxième et troisième paire, tous les deux repoussés.

Poulpe n° 3, bras coupés, bras de la deuxième et troisième paire gauche, bras repoussé, bras de la deuxième paire.

LOLIGO VULGARIS.

Malgré les recherches les plus minutieuses, et autopsie de plusieurs centaines de Calmars à tous les états, mes recherches sur la fécondation de ces animaux n'ont donné que des résultats à peu près négatifs.

Jamais je n'ai trouvé de spermatophores dans le sac des femelles. Une seule fois, j'ai trouvé dans l'ovaire et dans l'oviducte d'une femelle, dont tous les œufs étaient devenus transparents, des corps entièrement semblables à des spermatozoïdes morts. Tous les organes génitaux de ce sujet étaient excessivement gonflés, les glandes de l'oviducte surtout avaient pris des dimensions énormes, et se terminaient par un large pavillon, qui pouvait facilement atteindre le milieu de l'entonnoir et le bord des ouvertures branchiales.

L'oviducte unique des Calmars est terminé par deux glandes pyriformes, dont les extrémités s'élargissent pour former le pavillon que je viens d'indiquer; une de ces glandes est marquée sur le côté de stries bois foncé ; ces stries sont produites par des canaux remplis d'une matière brunâtre.

J'ai trouvé sur certains mâles des spermatophores identiques avec ceux décrits et figurés par M. Milne Edwards (*loc. cit.*), et présentant après l'éjaculation par le bas le même aspect ; seulement, je crois que la rupture du sac éjaculé ainsi est toujours due à l'endosmose.

Sur d'autres spermatophores pris au sommet de la poche de Needham et se vidant par la base, la partie éjaculée se composait en avant, du sac rempli de sperme et un peu en arrière de la trompe entourée d'une lame en spirale, qui lui donnait l'aspect dentelé.

En faisant éjaculer de la même manière des spermatophores pris dans la partie moyenne de la poche de Needham, la partie éjaculée présentait le même aspect dans la portion antérieure,

mais la trompe était transparente et la lame qui l'entourait était interrompue à distances à peu près égales.

Enfin dans un spermatophore trouvé vers la partie inférieure de la poche de Needham, le réservoir à sperme ne contenait qu'une matière granuleuse sans spermatozoïdes; la partie devant contenir l'appareil éjaculateur, était transparente et marquée de petites lignes sombres, interrompues et rappelant l'aspect de la trompe, dont je viens de parler.

Chez un autre mâle, les spermatophores du sommet de la poche de Needham n'éjaculaient pas naturellement; il fallait exercer sur eux une assez forte pression pour que le phénomène se produisît, et alors il avait lieu aussi souvent par le haut que par le bas; quand l'éjaculation se produisait par le haut, les spermatozoïdes sortaient libres par une déchirure du sommet de l'étui, tandis que dans le cas contraire ils restaient enfermés dans le sac, jusqu'à ce que l'endosmose produisît la rupture de celui-ci. Ces spermatophores étaient grisâtres et peu transparents; cependant j'ai pu constater que la partie contenant la lame en spirale était, ou complétement vide, ou seulement occupée par des granules opaques; le sommet des vésicules séminales et le canal de Needham contiennent toujours un certain nombre de sacs allongés remplis de spermatozoïdes.

Sur quelques Calmars morts depuis peu de temps, on pouvait constater que la poche de Needham était encore agitée par des mouvements vermiculaires très-prononcés et se propageant de bas en haut.

Loligo. *Species nova?*

Corps cylindrique, obtus, à la base cellules chromatophores très-grande (2 millimètres); nageoire grande à angles assez marqués, arrondis; cou non distinct; bras médiocres, assez robustes, massue des bras tentaculaires deux fois aussi longue que la largeur de la tête; trigone, portant en dessus une crête large de 10 à 13 millimètres, dressée pendant la natation, munie en dessous de cinq paires de très-petites ventouses, entre lesquelles se trouvent cinq paires de très-petites ventouses à dents

crochues rappelant celles des *Ommastrephes*, coquille du *Loligo vulgaris*, taille 30 à 40 centimètres.

Hab. Quinze mâles de cette espèce ont été pris au cap Ferret, pendant les premiers jours du mois d'octobre et apportés vivants à l'aquarium où ils ont vécu une vingtaine de jours.

Les organes accessoires de l'appareil de la génération étaient à divers degrés d'avancement, le testicule était excessivement réduit et ne contenait pas un seul spermatozoïde; dans les sujets les moins avancés, les vésicules séminales, le canal et la poche de Needham étaient légèrement gonflés par un liquide blanc, épais, amorphe, partout homogène et ne contenant aucun corps organisé.

Dans d'autres individus, les vésicules et le canal de Needham étaient dans le même état; mais la poche de Needham avait pris des proportions plus considérables et, en l'ouvrant avec précaution, on trouvait au milieu du liquide épais dont nous avons parlé un nombre plus ou moins considérable de spermatophores en voie de formation et à divers degrés de développement suivant les sujets.

Les moins avancés sont formés par un tube étroit très-transparent, parcouru à l'intérieur par un filament tubuleux irrégulièrement enroulé, et ressortant par l'ouverture de son extrémité inférieure; au-dessus, ce tube se continue en une sorte de sac opaque terminé en pointe, étranglé au milieu, et portant quelques plis transversaux à son point de jonction avec le tube transparent qui me paraît être le rudiment de la trompe, portant à sa partie supérieure le sac et à l'intérieur le commencement de la lame en spirale. Ces spermatophores m'ont paru renfermés dans une vésicule, au sein de laquelle ils sont enroulés.

Dans un autre sujet, les spermatophores possèdent à peu près toutes les parties qui doivent les constituer plus tard; la trompe et le sac, qui se trouvaient nus dans les spermatophores décrits ci-dessus, se sont enveloppés de l'étui, au sein duquel ils continuent leur développement progressif, et l'on peut parfaitement reconnaître la trompe, le sac et le connectif.

Plusieurs fois il m'a semblé que les spermatophores, dont je

viens de parler dans les deux paragraphes ci-dessus, étaient enveloppés d'une sorte de sac d'une ténuité extrême, à l'intérieur duquel ils étaient plus ou moins pelotonnés ; mais toutes ces parties sont alors d'une fragilité telle, qu'il m'a été impossible de voir si cette membrane enveloppante était continue, et formait véritablement un sac fermé de toutes parts, au sein duquel s'opérait la naissance du spermatophore.

Dans deux autres spermatophores dans un état de développement un peu plus avancé, on pouvait voir la formation du réservoir à sperme et avoir une idée des transformations que doit subir le reste de l'organe avant d'arriver à pouvoir recevoir les spermatozoïdes.

OMMASTREPHES SAGITTARUS.

Les organes de la génération se composent chez le mâle d'un testicule très-allongé, suspendu au second estomac par un ligament, tandis que l'extrémité inférieure est insérée sur le fond du capuchon de l'osselet. Cet organe a la forme d'une pyramide renversée, dont la base serait divisée en plusieurs lobes d'inégale grandeur ; il est strié de raies alternativement d'un jaune très-pâle et d'un blanc de lait ; le plus souvent, il m'a présenté quatre lobes, quelquefois dix, une fois sept. Le testicule communique par le canal déférent avec un gros tube contourné sur lui-même, et désigné par Cuvier sous le nom de *vésicules séminales*. Cet organe est gorgé d'un liquide amorphe très-épais, et communique avec le bas de la poche de Needham. Dans la partie supérieure des vésicules séminales et dans le canal de Needham se trouvent toujours des cylindres allongés à parois très-minces, et remplis de spermatozoïdes. La poche de Needham se présente sous la forme d'un sac allongé ; dans les mâles en bon état que j'ai pu examiner (trois ou quatre), elle était remplie de spermatophores réunis en quatre ou cinq paquets étagés les uns au-dessus des autres, et maintenus ensemble par une matière gélatineuse et visqueuse très-peu soluble dans l'eau se coagulant dans l'alcool et par la chaleur ; examinée au microscope avec

les plus forts grossissements (*objectif* 6, *à immersion*), elle paraît complétement amorphe.

Ces spermatophores ont de 3 à 4 centimètres de long; leur taille diminue sensiblement à mesure qu'ils se rapprochent du sommet de la poche, et cette diminution provient du raccourcissement de la partie contenant l'appareil éjaculateur; ils se composent d'un étui formé d'une seule membrane, et renfermant d'avant en arrière : 1° un filament excessivement fin, rond, entouré de granules opaques qui le masquent, et enroulé de manière à présenter un ressort en spirale, reposant sur le fond de l'étui, et atteignant le disque dont je vais parler; 2° à la suite, un renflement en cône renversé, rempli de granules opaques, et terminé par un disque plus large que lui, assez épais, et creusé latéralement d'un sillon; 3° le réservoir à sperme qui remplit le reste de l'étui ou à peu près. Je n'ai jamais vu distinctement le connectif, mais je crois qu'il pénètre dans le réservoir à sperme, où il serait alors indiqué par une ligne obscure s'étendant à quelque distance du disque, au milieu du réservoir à sperme.

Le fil en ressort, examiné au microscope (*objectif* 6, *à immersion*), se montre formé de dix cylindres ronds, transparents, pleins, et s'entrecroisant de manière à former une tresse ronde. Lorsque l'on écrase ce filament, il en sort des granules transparents, et l'aspect de la partie écrasée m'a semblé montrer que chaque cylindre devait être cloisonné ou tout au moins adhérer aux cylindres voisins aux points d'entrecroisement. Si l'on brise la base de l'étui et qu'on en retire le filament, il entraîne avec lui la matière granuleuse qui le masquait, et l'on peut constater que l'étui n'est composé que d'une seule enveloppe formant à l'intérieur un tube cylindrique parcouru par des stries circulaires, qui pénètrent jusqu'à une certaine distance dans l'épaisseur de la paroi du tube. En comprimant la partie supérieure du spermatophore, on voit les spermatozoïdes s'échapper par l'extrémité déchirée; le réservoir devient alors plus transparent, et l'on peut s'assurer que l'intérieur est occupé par un ruban mince, roulé en spirale contre la paroi interne; en continuant

de comprimer le réservoir à sperme, on finit par faire disparaître presque totalement la lame en spirale, et l'on voit à l'extrémité de l'étui une sorte de poche courte, plissée d'une délicatesse extrême, retenue au spermatophore par un canal étroit qui me semble être le connectif; le ressort en spirale, le cône et le disque sont restés en place, et n'ont subi qu'une très-légère déformation.

Tous les mâles avaient leurs bras en parfait état, à l'exception d'un seul qui avait un bras coupé au ras de la tête; ils ne présentaient aucune trace d'hectocotylisation; les spermatozoïdes étaient bien développés, et s'agitaient avec vivacité au contact de l'eau; l'éjaculation se faisait presque toujours par la partie supérieure de l'étui.

L'appareil de la génération se compose chez la femelle d'un ovaire occupant la même place que le testicule chez le mâle, et communiquant avec l'intérieur de la cavité branchiale par deux oviductes qui partent du tiers inférieur de l'ovaire, débouchent un peu plus haut que la base des branchies, et sont terminés par deux glandes d'un blanc pur, qui donnent à l'extrémité de ce canal la forme en cœur renversé; ces glandes sont adhérentes aux glandes nidamentaires vers leur milieu; celles-ci sont très-longues, et atteignent presque le bord de l'ouverture branchiale; elles sont presque cylindriques à la base, tandis qu'elles s'aplatissent un peu vers le sommet, qui présente un sillon profond où est situé leur débouché.

Sur les quinze ou vingt femelles que j'ai ouvertes, cinq portaient un paquet de spermatophores fixé sur la membrane qui tapisse l'intérieur du sac vers la base, soit de la branchie gauche, soit de la branchie droite, et à peu près au niveau du débouché de l'oviducte; une sixième en portait deux, un à la base de chaque branchie; enfin, dans une septième, le paquet de spermatophores était attaché sur les deux glandes nidamentaires un peu au-dessus de leur point de contact avec les glandes qui terminent l'oviducte. Les paquets de spermatophores chez six d'entre elles étaient réunis en pinceau par un liquide visqueux et transparent, tandis que celui de l'autre femelle étaient divisé en deux

faisceaux renversés, et appliqués contre les glandes nidamentaires. Dans tous les paquets, la base des spermatophores était entourée d'une sorte de gangue gélatineuse de 3 à 4 millimètres d'épaisseur qui formait une sorte de gâteau opaque ; chaque paquet contenait de 220 à 300 spermatophores, et avait environ 15 millimètres de diamètre.

De toutes les femelles que j'ai examinées, celle qui portait le paquet de spermatophores divisé en deux faisceaux, était évidemment dans un état très-rapproché de celui où la fécondation devait s'opérer ; l'ovaire et les deux oviductes étaient gonflés outre mesure d'œufs qui sortaient très-facilement ; les spermatophores étaient tellement distendus par le sperme, qu'ils éclataient au moindre contact ; enfin la membrane qui tapisse l'intérieur de la cavité branchiale s'était relevée en bourrelet autour de leur base, de manière à former une sorte de sac. Les spermatophores, qui étaient blancs et effilés dans les autres femelles, avaient pris dans celle-ci une teinte grisâtre, et leur extrémité se terminait en un mamelon conique par où se faisait presque toujours l'éjaculation, lorsque j'exerçais sur eux une légère pression. En détachant avec précaution les paquets de la membrane sur laquelle ils étaient fixés, on voyait que celle-ci était criblée de petites fossettes, dans lesquelles était implantée la base légèrement épatée des spermatophores ; si l'on dégageait ceux-ci de la gangue opaque et demi-solide qui réunissait leur base, on pouvait constater qu'ils se composaient : 1° du réservoir à sperme, dont l'étui était devenu très-mince et opaque ; 2° d'un renflement verdâtre ; 3° d'un petit cylindre blanc de lait obliquement épaté vers sa base, et s'insérant sur la membrane qui tapisse la cavité branchiale. Ces spermatophores avaient 22 à 24 millimètres de long sur un peu moins d'un demi-millimètre de diamètre (ils étaient par conséquent plus courts d'un tiers que ceux portés par les mâles) ; le réservoir à sperme occupait la plus grande longueur, 18 millimètres ; le renflement ovoïde avait un peu plus d'un millimètre de long et de diamètre ; enfin la base avait 3 à 4 millimètres de long, et son diamètre était sensiblement égal à celui du réservoir à sperme.

Les spermatozoïdes du réservoir à sperme étaient fortement agglutinés ensemble, et ne se désagrégeaient que très-lentement au contact de l'eau de mer; l'eau douce les arrêtait immédiatement. Le renflement écrasé laissait échapper une foule de globules transparents et amorphes. En saisissant un spermatophore avec des pinces, pour le détacher de la membrane sur laquelle il était solidement fixé, l'étui se rompait souvent tantôt près de la base, tantôt près du renflement, et laissait alors à nu un petit cylindre opaque très-extensible, et reprenant avec rapidité sa forme primitive quand on le lâchait, après l'avoir allongé avec une pince. Si l'on examine au microscope une rondelle transversale de ce cylindre, on constate que celle-ci est composée de tubes pleins juxtaposés. En écrasant le cylindre, il s'en échappe une grande quantité de globules transparents, et il reste dans le champ du microscope un tissu exactement semblable à la figure IV, 2, de la planche II des *Éléments d'histologie* de Morel et Villemin. Lorsque la rupture du spermatophore a eu lieu près de la base, si l'on opère une nouvelle traction sur le cylindre élastique dont je viens de parler, celui-ci se détache du spermatophore vers la base du renflement, et entraîne avec lui, le plus souvent, un long filament blanc composé de tubes entrecroisés, qui, sans aucun doute, est le filament roulé en spirale, que nous avons trouvé dans la base du spermatophore, portés par les mâles; l'opacité de l'étui m'a empêché de voir quelle était la position normale de ce filament dans le spermatophore.

Un soir j'avais mis dans de l'eau additionnée d'un peu d'acide chromique le sac de la femelle qui portait deux paquets de spermatophores, afin d'étudier ces engins le lendemain matin; au bout de dix minutes environ de séjour dans ce liquide, je m'aperçus que tous les spermatophores avaient éjaculé, à deux ou trois fois leur longueur, tout le sperme qu'ils contenaient sous forme de cylindres compactes; l'éjaculation avait eu lieu par le sommet de la partie libre qui s'était irrégulièrement déchiré; l'étui, quoique peu transparent, m'a semblé présenter par place des restes d'une lame interne en spirale.

Les œufs de la femelle, dont j'ai parlé plus haut avec détail,

avaient de $0^{mm},13$ à $0^{mm},15$; en plaçant dans une goutte d'eau, mise sur une lame de verre, quelques-uns de ces œufs et quelques spermatozoïdes, j'ai vu distinctement un de ces éléments anatomiques pénétrer dans un œuf à travers la membrane vitelline, et se fondre peu à peu au milieu des globules transparents du vitellus. Comme la pénétration a eu lieu un peu sur le côté de l'œuf et non directement au milieu, je n'ai pu m'assurer qu'il y eût un micropyle ; mais la difficulté avec laquelle la pénétration a eu lieu me porterait à croire le contraire. Après avoir tourné assez longtemps autour de l'œuf, le spermatozoïde se mit en contact avec lui par le sommet de sa partie renflée, et agita vivement sa queue à droite et à gauche, s'arrêta, puis recommença à s'agiter; à chaque mouvement, la partie en contact avec la membrane vitelline pâlissait, et devenait moins apparente, comme si une ombre eût passé sur elle ; après avoir traversé la membrane vitelline, le spermatozoïde rampa en quelque sorte entre elle et les globules du vitellus, pénétra entre les globules du vitellus, et finit par disparaître peu à peu complétement à la manière d'un morceau de sucre se fondant dans l'eau ; la nuit m'empêcha de renouveler l'expérience d'une façon aussi positive, mais je vis encore les mêmes faits se reproduire une seconde fois, quoique moins distinctement et d'une façon plus obscure. (Objectif, n° 3.)

SEPIA FILLIOUXII.

Je ne parlerai pas de la forme de l'appareil génital mâle des Sèches qui a été décrit par M. Milne Edwards dans les *Annales* (*loc. cit.*), et qui, du reste, est disposé sur le même plan que celui des *Ommastrephes* dont j'ai déjà parlé.

Dans la partie supérieure des vésicules séminales et dans le canal de Needham, j'ai presque constamment rencontré des sacs plus ou moins allongés uniquement remplis de spermatozoïdes ; souvent j'ai trouvé des sacs plus longs que les spermatophores entiers contenus dans la poche de Needham. Les spermatophores, disposés dans la poche de Needham à la façon ordinaire, m'ont présenté le même aspect que ceux décrits et figurés par

M. Milne Edwards dans les *Annales* (*loc. cit.*), et dans ce cas l'éjaculation se fait toujours avec rapidité par la partie inférieure, au contact soit de l'air, soit de l'eau de mer; mais il n'en est pas toujours ainsi.

Parmi les mâles que j'ai pu disséquer, deux portaient un paquet de spermatophores presque entièrement ressorti de la poche de Needham, où il restait cependant assez fortement retenu entre les lèvres de l'orifice par la partie contenant la trompe; ces paquets étaient enveloppés d'une gangue gélatineuse, presque liquide et transparente. Un troisième mâle m'a présenté, outre le paquet ressorti de la poche de Needham, trois autres paquets de spermatophores diversement espacés dans la moitié supérieure de cet organe : ces paquets étaient formés de spermatophores enroulés les uns autour des autres, de façon qu'en les déroulant l'on obtenait un ruban assez épais, plat, gélatineux, long de 2 centimètres environ, et strié en travers par les spermatophores disposés quatre par quatre, les uns au-dessus des autres, dans l'épaisseur de la substance gélatineuse qui les réunissait, et formait le ruban dont je viens de parler. En examinant les spermatophores ainsi disposés, on est frappé de leur aspect tout spécial, du changement de couleur qu'ils présentent, et de leur ressemblance extérieure avec les spermatophores portés par les femelles d'*Ommastrephes;* on constate, en effet, que, comme dans ces organes, l'étui des spermatophores de la Sèche, ainsi roulés en paquets, est devenu excessivement mince et légèrement opaque dans sa partie supérieure; le ruban spinal, qui occupait le milieu de la trompe, a complétement disparu, et à sa place on ne trouve plus que des granulations très-fines semblables à celles qui remplissent le sac : de chaque côté de la trompe, on voit deux bandes jaune clair, dont chaque bord a l'aspect d'une petite corde; enfin l'on peut s'assurer que la trompe n'est pas entourée par une membrane striée, mais par une sorte de ruban plat, roulé en spirale autour de la trompe, de façon à simuler une membrane striée. Dans un de ces paquets, j'ai trouvé un spermatophore vidé; l'éjaculation avait eu lieu par une déchirure située près du sommet du réservoir à sperme;

la trompe et le sac, légèrement déformés, étaient restés en place ; le ruban spiral qui entourait la trompe avait complétement disparu.

Les spermatophores des paquets, dont je viens de parler, n'éclatent jamais à l'air libre, et quand ils éclatent dans l'eau, ce n'est qu'après un séjour prolongé dans ce liquide; je pense donc que, dans ce cas, la rupture de l'étui doit être attribuée à un phénomène d'endosmose; dans un paquet entier laissé plusieurs heures dans l'eau avec sa gangue gélatineuse, aucun spermatophore n'avait éjaculé.

En comprimant légèrement les spermatophores de ces paquets, on ne tarde pas à les faire éjaculer; l'éjaculation ne se fait jamais par la trompe, mais elle a lieu par une déchirure ouverte presque toujours à la partie supérieure du réservoir à sperme; elle se produit sous la forme d'un cylindre vermiforme contourné sur lui-même, très-compacte et entraîne toujours la disparition des stries qui entourent la trompe ; ce dernier organe ainsi que le sac restent en place après avoir subi un léger tiraillement, le connectif est rompu. Le cylindre éjaculé est entièrement formé de spermatozoïdes fortement agglutinés ensemble et il conserve sa forme, tant qu'il reste exposé à l'air libre sur une plaque de verre : si, au contraire, on laisse tomber quelques gouttes d'eau de mer sur un de ces cylindres, on voit les spermatozoïdes dont il est formé se dissocier lentement et s'agiter avec rapidité; il faut plusieurs heures pour que le cylindre soit complétement désagrégé, et l'on n'aperçoit alors sur la plaque de verre que des spermatozoïdes isolés, sans trace de fil ou d'axe central.

Plusieurs fois, j'avais tué des mâles et des femelles, soit pendant l'accouplement, soit immédiatement après, sans que les recherches les plus minutieuses m'aient révélé le moindre indice sur la manière dont la fécondation pouvait s'opérer, lorsque le 13 juin, vers cinq heures du soir, je fus témoin du fait suivant : Une femelle de forte taille s'était accouplée trois fois avec un mâle et s'était retirée dans un trou des rocailles de l'aquarium; un autre mâle se précipita brusquement sur elle, la retira de

son trou, et, après s'être accouplé avec elle, vint se placer à toucher la glace du bac, de façon à se présenter en profil. Pendant quelques minutes, il rejeta des débris très-minces, que je suppose être, d'après ce qui suivit, des débris d'étui de spermatophores; enfin, après des efforts multipliés et violents, il lança par l'entonnoir un paquet blanchâtre, qui fut aussitôt péché avec une pipette; la femelle s'était retirée sur une roche; tout son corps reposait sur la pierre et présentait les signes évidents d'un collapsus profond. Le paquet blanchâtre rejeté par le mâle était formé d'une matière gélatineuse, semblable à celle qui entoure les spermatophores, et dans l'intérieur de laquelle se trouvaient quelques spermatozoïdes vivants, des débris d'étui, ainsi qu'un spermatophore entier, n'ayant pas éjaculé, et dont tous les spermatozoïdes ne s'agitaient pas au contact de l'eau de mer.

Le lendemain matin à sept heures, je tuais brusquement la femelle, qui s'était accouplée la veille, en introduisant la lame d'un large scalpel dans le milieu du cou, un peu en avant de la pointe supérieure de la coquille. (Ce procédé me semble nécessaire, afin d'éviter que la Sèche, en lançant l'eau contenue dans la cavité branchiale, ne rejette les matières qui pourraient s'y trouver.) En ouvrant le sac, je constatai que tous les œufs étaient devenus transparents, et qu'ils sortaient avec facilité de l'oviducte; mais il me fut impossible de trouver d'une manière bien certaine des spermatozoïdes libres soit dans l'oviducte, soit dans l'ovaire. Cependant, en voulant écarter la branchie droite pour faire contracter le ganglion palléal, je fis tomber une boule arrondie de la grosseur d'un pois, d'entre le pilier et la branchie. Cette boule était formée d'un assez grand nombre de cylindres blancs, vermiformes, pelotonnés les uns autour des autres, et composés de spermatozoïdes vivants; ceux de la périphérie de la boule étaient presque désagrégés, tandis que ceux du centre étaient encore réunis en cylindres compactes, semblables à ceux que l'on obtient par la pression sur les spermatophores réunis en paquets.

Le 28 juin, deux femelles avaient été péchées et introduites

dans un bac de l'aquarium où se trouvaient déjà deux mâles de la même espèce; le gardien fut témoin de l'accouplement plusieurs fois répété des quatre sujets ; à mon arrivée, on voyait sur le fond du bac : 1° un certain nombre de spermatophores n'ayant pas éclaté, et n'offrant aucune particularité ; 2° plusieurs paquets gélatineux contenant des spermatozoïdes vivants ; 3° des débris d'étui de spermatophores et les ventouses arrachées pendant l'accouplement; je tuai brusquement une des femelles, qui venait de s'accoupler, après l'avoir placée dans une assiette pour l'ouvrir. L'intérieur du sac ne renfermait qu'un très-petit paquet glaireux contenant des spermatozoïdes vivants ; mais l'eau rejetée par la Sèche dans l'assiette contenait des spermatozoïdes vivants et plusieurs morceaux de cylindres, composés de spermatozoïdes encore fortement agglutinés ensemble : la partie supérieure de la poche de Needham était vide chez un des mâles qui fut tué de la même manière.

Dans l'accouplement, le mâle et la femelle se précipitent l'un vers l'autre, se saisissent par les bras, les enlacent, et restent ainsi bouche contre bouche pendant un temps variable, qui dure quelquefois deux à trois minutes. Cet acte est suivi chez la femelle d'un état de prostration générale très-marquée, tandis que chez le mâle l'excitation génésique se prolonge, et lui conserve pendant quelque temps l'aspect splendide tout particulier que prennent ces Mollusques sous l'influence de l'accomplissement de la fonction de reproduction.

On voit quelquefois des mâles cherchant à s'accoupler, introduire les bras de la troisième et quatrième paire gauche dans l'intérieur du sac par l'ouverture branchiale gauche ; il ne m'a pas été possible de voir s'ils déroulent aussi le bras tentaculaire qui se trouve entre ces deux bras; ceux-ci sont retirés après quelques minutes de séjour dans l'intérieur du sac, et jamais je n'ai pu y trouver de spermatophores ou de spermatozoïdes, ni découvrir aucun indice qui vînt m'indiquer le but de ce mouvement. Ici vient se placer l'observation d'un fait que je considère comme anormal, au moins jusqu'à plus ample informé.

Depuis les derniers jours de juillet, on avait placé dans un

même bac trois mâles de *S. Filliouxii* avec une grosse femelle de *S. officinalis* et trois autres femelles de cette espèce, mais de petite taille. Les deux espèces avaient formé deux groupes ne se mêlant jamais, occupant les extrémités les plus éloignées du bac, s'observant continuellement, et donnant les signes habituels de colère ou de frayeur, lorsque un individu d'un groupe se rapprochait de l'autre espèce.

Il n'arriva rien d'extraordinaire jusqu'au 9 août, où, pendant toute l'après-midi, un mâle de *S. Filliouxii* ne cessa de poursuivre la grosse femelle de *S. officinalis*, et de la saisir de temps en temps comme dans l'accouplement ; celle-ci, au lieu de se prêter à l'accomplissement de cette fonction, ainsi que cela a lieu entre individus de la même espèce, fuyait, résistait, et finissait toujours par se faire lâcher par le mâle après un enlacement de très-courte durée.

A la suite d'une de ces tentatives d'accouplement, je pêchai dans le bac un paquet glaireux contenant une dizaine de spermatophores, les uns complétement vides, les autres ayant éjaculé par le bas, et portant encore la trompe ressortie et retenue par un long tube ; d'autres ayant le même aspect, mais dans lesquels la trompe, au lieu d'être vide, laissait échapper un sac en forme de poire renversée. Ce sac était formé d'une membrane striée obliquement en travers, et retenue au spermatophore par un long filament plat, qui traversait la trompe et le tube contourné qui l'unissait à la base du spermatophore ; ce sac, ou plutôt cette sorte de poire, était rempli de spermatozoïdes vivants.

Le lendemain dans l'après-midi, le mâle mourut ; il avait les bras hachés de coups de bec, qui m'expliquèrent pourquoi il abandonnait si vite la femelle de *Sepia officinalis*. Celle-ci avait été trouvée morte le matin dans le bac ; elle portait : 1° tout autour du bec, 2° sur un des côtés du bras gauche de la quatrième paire, 3° à la base du bras gauche de la troisième paire, 4° entre les bras de la troisième et de la deuxième paire gauches, 5° sur l'extrémité du bras gauche tentaculaire et jusque dans les cupules de ce bras, une grande quantité de ces sacs en forme de poire, que j'avais trouvés la veille ressortis de la trompe. Ces

sacs, qui avaient 3 à 4 millimètres de long sur $0^{mm},3$ de diamètre, étaient solidement fixés par leur partie élargie sur tous les points où ils se trouvaient, et il fallait exercer une assez forte traction sur eux pour les détacher ; je n'ai pu me rendre compte comment avait eu lieu cette adhérence, qui n'est peut-être due qu'à la pression atmosphérique. La membrane qui les formait était excessivement mince, et présentait les stries transversales que j'avais constatées la veille sur la membrane des sacs encore adhérents aux spermatophores (objectif n° 3). Le plus grand nombre laissait échapper par l'extrémité rétrécie des spermatozoïdes encore vivants. Entre les bras de cette femelle, je trouvai un certain nombre d'étuis vides, dont la plupart portaient encore la trompe attachée à leur extrémité inférieure.

L'examen des organes génitaux de cette femelle m'a prouvé que les œufs n'étaient pas encore aptes à être fécondés ; ils avaient à peine $0^{mm},3$ à $0^{mm},4$; les plus plus gros présentaient encore la vésicule et la tache germinative ; les glandes nidamentaires étaient réduites à un très-petit volume, et n'étaient pas encore gorgées du liquide blanc qu'elles contiennent habituellement ; deux des petites femelles mortes depuis ne m'ont rien présenté d'extraordinaire.

Deux mâles, qui ont vécu assez longtemps dans l'aquarium, ont rejeté une assez grande quantité de paquets de spermatophores que je trouvai vidés sur le fond du bac ; sur quelques-uns d'entre eux, l'éjaculation ayant eu lieu d'une manière imparfaite, j'ai pu constater que le filament qui porte le réservoir à sperme est le ressort en spirale, et que le tube creux qui porte la trompe est enroulé autour d'elle, et que c'est lui qui forme les grandes stries circulaires que l'on aperçoit entre la trompe et le sac d'une part, et la paroi propre de l'étui d'autre part.

SEPIA OFFICINALIS.

Cette espèce ne pénètre dans le bassin d'Arcachon que vers le milieu de juin ; quand elle y arrive, la fécondation et la ponte ont eu lieu ; l'ovaire et le testicule sont réduits à leur plus petit

volume, et ne contiennent que des ovules très-peu avancés, et n'ayant encore ni vésicule, ni tache germinative ; ces éléments ne commencent à se produire que dans le mois de juillet ; les premiers spermatozoïdes ne se montrent que dans la seconde quinzaine du mois d'août.

Le testicule d'un mâle, tué le 4 septembre, commençait à se gonfler ; il avait pris une teinte grisâtre, et était composé uniquement de petites sphères brillantes réfractant très-fortement la lumière, et formant une sorte de bouillie épaisse avec le liquide grisâtre qui les enveloppait ; les utricules avaient disparu.

Du 15 au 20 août, sur une douzaine de mâles, la poche de Needham était remplie de spermatophores organisés comme ceux décrits par M. Milne Edwards (*loc. cit.*) ayant la même apparence extérieure, et présentant les mêmes phénomènes d'éjaculation de la trompe par la partie opposée au réservoir à sperme ; mais en déchirant le réservoir à sperme, je m'aperçus qu'ils ne contenaient pas un seul spermatozoïde, et qu'ils ne laissaient échapper qu'une matière transparente se réunissant presque aussitôt en petites sphères.

Le 21 août, je trouvai un mâle dont les spermatophores étaient les uns vides, tandis que les autres contenaient une certaine quantité de spermatozoïdes ; il me sembla voir des spermatozoïdes dans la trompe d'un de ces organes, mais je ne puis l'assurer, attendu que je n'ai pu parvenir à les isoler.

Le 5 septembre, je trouvai des spermatophores incomplétement organisés ou en voie de formation au milieu du liquide épais qui gonflait la poche de Needham. Ces spermatophores étaient composés de l'étui formé par une seule membrane, et portant à sa base un long filament glutineux et une appendice en forme de selle ; à l'intérieur de l'étui, on apercevait la trompe repliée sur elle-même, et contenant un fil spiral très-délié ; elle se continue et s'élargit pour former le sac, qui se rétrécit pour donner naissance au connectif ; la partie supérieure de l'étui est vide, et le réservoir à sperme n'existe pas encore.

Enfin, le 8 septembre, un autre mâle me présenta des sper-

matophores en voie de formation, mais intermédiaires entre ceux-ci et les spermatophores cités plus haut ; le sac commence à s'organiser, et le réservoir à sperme occupe la plus grande portion de la partie supérieure de l'étui.

Tous les mâles que j'ai eu occasion d'examiner depuis cette époque ne m'ont rien présenté de saillant.

CONCLUSIONS.

De tous les faits exposés ci-dessus, il me semble qu'on peut tirer les conclusions suivantes :

Le nom de *vésicules séminales* imposé par Cuvier au tube contourné, qui se trouve entre le testicule et la poche de Needham, reposant sur une idée inexacte, et pouvant faire naître une confusion dans l'esprit des naturalistes, ne peut être conservé, et je propose d'y substituer le nom de *vésicules d'Edwards* du nom du savant qui a le premier entrevu leur véritable fonction, et reconnu d'une façon certaine la nature des tubes contenus dans la poche de Needham.

La présence simultanée d'un liquide blanc, épais, homogène, dans les vésicules d'Edwards, le canal et la poche de Needham, le gonflement progressif de cette poche, par suite de l'accumulation de ce liquide et la présence de spermatophores plus ou moins incomplets au sein de ce même liquide, prouvent, je crois, que les vésicules d'Edwards sécrètent les matières plastiques destinées à former les spermatophores, et que ces organes naissent de toute pièce au sein de ces matières accumulées dans la poche de Needham.

Quant au mode de naissance et de développement de ces organes, il me semble moins évident; cependant, en réfléchissant que les spermatophores les plus jeunes sont toujours plus ou moins pelotonnés sur eux-mêmes, et que, si je n'ai pu constater d'une façon certaine la présence d'une membrane les enveloppant en entier, j'ai cependant vu des débris de membrane entourant une ou plusieurs parties des spermatophores ainsi enroulés, on est conduit à considérer comme probable l'hypothèse qui consisterait à faire naître les spermatophores au sein d'une

membrane analogue à la membrane vitelline ; de nouvelles observations sont donc nécessaires pour confirmer ou infirmer cette supposition.

Quoi qu'il en soit, il reste bien certain que les spermatophores naissent dans la poche de Needham, et qu'ils s'y développent lentement jusqu'au moment où ils sont aptes à recevoir le sperme ; que la trompe et le sac paraissent naître les premiers, l'étui ensuite, puis le connectif et le réservoir à sperme en dernier lieu, et que jamais il n'y a continuité entre leurs tissus et les parois de la poche de Needham.

La présence dans la partie supérieure du canal déférent, et même quelquefois dans la partie inférieure des vésicules d'Edwards de cordons en chapelet renfermant des spermatozoïdes, me semble indiquer qu'il s'y forme autour de petits amas de spermatozoïdes une série de petites utricules, qui se soudent ensuite bout à bout pour former les corps cylindriques plus ou moins allongés, que l'on trouve toujours en certain nombre soit dans les vésicules d'Edwards, soit dans le canal de Needham, et que ces corps ne font que traverser les vésicules d'Edwards, où il est cependant possible qu'ils consolident leur tunique externe à l'aide des matières plastiques qu'ils trouvent sur leur passage ; il me paraît également évident que ces corps arrivés dans la poche de Needham servent à charger les spermatophores du sperme nécessaire à la fécondation.

Mais comment les spermatozoïdes arrivent-ils dans les spermatophores? Est-ce isolément, après avoir rompu le sac qui les contenait? ou bien le sac pénètre-t-il en entier dans le spermatophore? La première hypothèse serait affirmée, si l'on avait trouvé des spermatozoïdes isolés soit dans la trompe, soit dans le sac ; la seule observation que j'aie pu faire est douteuse, et je n'ai pu m'assurer en les isolant que les corps aperçus par moi, une seule fois, dans la trompe d'un spermatophore de Calmar étaient bien réellement des spermatozoïdes. D'un autre côté, lorsque j'ai trouvé sur un même animal des spermatophores chargés de sperme, mêlés à des spermatophores vides, tous ceux qui contenaient des spermatozoïdes avaient le réservoir à sperme

complétement plein, et jamais il ne m'est arrivé de ne trouver qu'une faible quantité de spermatozoïdes ; il me semble donc plus probable de penser que ces cylindres pénètrent, sans se rompre, dans les spermatophores, et que l'appareil compliqué, contenu dans la partie du spermatophore opposée à celle qui contient le réservoir à sperme, pourrait bien servir à cet usage. Il me paraît, en effet, difficile d'admettre que cet appareil sert à faire éjaculer le sperme contenu dans les spermatophores ; nous avons vu, en effet, que dans les spermatophores portés par les femelles de l'*Ommastrephes sagittatus*, cet appareil avait complétement disparu, ou tout au moins avait subi une telle transformation, que l'éjaculation ne pouvait résulter de son action ; nous avons, en outre, constaté que l'éjaculation avait lieu par la partie supérieure du réservoir à sperme ; nous avons également vu que, dans les spermatophores réunis en paquets et portés par la *Sepia Filliouxii* mâles, l'éjaculation n'avait plus lieu par la partie inférieure, mais au contraire par un point du réservoir à sperme, et que la trompe et le sac restaient en place ; nous avons même trouvé dans un de ces paquets un spermatophore vidé naturellement par une ouverture du sommet du réservoir à sperme. Nous n'insisterons pas davantage sur cet aperçu qui n'est qu'une hypothèse, et qui par conséquent doit être soumis à des expériences directes. Le développement des spermatophores est long et dure une partie de l'année, puisque nous trouvons ces engins en voie de formation à la fin de l'été, et que la fécondation ne doit avoir lieu qu'au printemps de l'année suivante ; ils ne naissent pas tous ensemble, mais successivement ; leur arrangement symétrique dans la poche de Needham et leur expulsion paraissent devoir être attribués à une série de mouvements vermiculaires exécutés par cet organe.

La naissance des spermatozoïdes n'a lieu que lorsque les spermatophores ont déjà atteint un certain développement, elle se continue jusqu'au moment de la fécondation ; ces éléments anatomiques sont produits par de véritables ovules, dans lesquels on peut voir apparaître d'abord une vésicule, puis une tache germinative, qui disparaissent avant la naissance du sper-

matozoïde ; alors il serait à peu près impossible de les distinguer des ovules femelles au même degré, s'ils n'étaient sensiblement plus petits, et si la présence des organes accessoires de l'appareil génital mâle ne levait toute incertitude à l'égard de leur véritable nature.

La maturité des spermatophores est invoquée par les caractères suivants : amincissement de l'étui qui devient opaque, de couleur grisâtre et très-fragile, disparition du ressort en spirale qu'on ne trouve plus dans la trompe, éjaculation du sperme par le sommet du réservoir sous forme de cylindres vermiculaires compactes.

L'espèce de gangue ou de liquide gélatineux qui enveloppe les spermatophores me semble avoir pour but de les préserver du contact de l'eau, qui provoquerait leur déhiscence par suite d'un phénomène d'endosmose.

Le mode de fécondation connu sous le nom d'*hectocotylisation*, constaté par MM. Verany et Vogt pour quelques Céphalopodes de la Méditerranée, appartenant aux genres *Argonauta* et *Tremoctopus*, ne s'applique très-certainement pas aux genres *Sepia* et *Ommastrephes*, ni très-probablement aux genres *Loligo* et *Octopus*.

La présence des spermatophores réunis en paquets, fixés dans la cavité branchiale des femelles d'*Ommastrephes* (fait constaté une seule fois par MM. Lebert et Robin) (*loc. cit.*), est normale, et dans ce genre la fécondation a lieu par l'éjaculation du sperme contenu dans ces organes, au milieu de l'eau, qui remplit la cavité branchiale de la femelle ; cette éjaculation a lieu sous forme de cylindres compactes formés de spermatozoïdes agglutinés ensemble, et se désagrégeant peu à peu au contact de l'eau de mer qui semble nécessaire à leur mouvement.

La forme des spermatophores portés par les femelles est complétement différente de celle des spermatophores contenus dans la poche de Needham ; la trompe et son filament spiral, le sac, se sont modifiés et ont presque disparu.

Les paquets de spermatophores sont fixés tantôt sur un point de la cavité branchiale, tantôt sur un autre, le plus souvent vers

la base des branchies, mais toujours à peu près au niveau du débouché des oviductes. L'adhérence de ces paquets avec la membrane qui tapisse l'intérieur de la cavité branchiale doit primitivement avoir lieu au moyen de la gangue gélatineuse qui les entoure, puis postérieurement par suite de l'implantation de la base des spermatophores dans la même membrane.

Il est certain que, dans le genre *Sepia*, les spermatophores, réunis naturellement en paquets, éjaculent leur contenu dans la cavité branchiale du mâle, pendant l'espèce d'accouplement qui unit les individus des deux sexes ; et que les cylindres compactes de spermatozoïdes ainsi éjaculés passent dans la cavité branchiale de la femelle où ils se désagrègent lentement. Voici, à mon avis, comment les choses peuvent se passer : Le mâle après avoir enlacé ses bras avec ceux de la femelle, et étant bouche à bouche avec elle, doit faire éjaculer un paquet de spermatophores, en pressant leur base entre les lèvres charnues de l'orifice de la poche de Needham ; les cylindres de spermatozoïdes ainsi éjaculés doivent se rouler en une boule, qui serait expulsée par le siphon avec l'eau sortant de la cavité branchiale du mâle, et pénétrerait dans la cavité branchiale de la femelle en suivant le courant entrant par les ouvertures branchiales. Les bras restant enlacés pendant tout le temps de l'accouplement, ne paraissent pouvoir jouer aucun rôle dans cet acte.

Quant aux genres *Octopus* et *Loligo*, mes recherches sur leur mode de fécondation n'ont eu que des résultats négatifs, et de nouvelles observations sont nécessaires pour arriver à savoir comment s'opère chez ces animaux cette importante fonction.

NOTE

SUR UNE NOUVELLE ANNÉLIDE CHÉTOPODE HERMAPHRODITE,

PAR M. G. MOQUIN-TANDON.

Le groupe des Annélides chétopodes a été pendant longtemps considéré comme entièrement composé d'animaux unisexués. En 1857, M. Huxley fit connaître la première exception à cette loi générale, dans une nouvelle Annélide des côtes d'Angleterre, la *Protula Dysteri*. Quelques années plus tard, M. Pagenstecher, dans un séjour qu'il fit sur les bords de la Méditerranée, à Cette, découvrit le même fait sur une autre espèce de la même famille, le *Spirorbis spicillum*. Enfin, un troisième fait du même genre fut observé par M. Claparède dans une espèce d'Amphiglène, *Amphiglena mediterranea*. Ce savant put en outre confirmer l'exactitude des observations de M. Huxley et montrer par ses recherches sur un grand nombre de Serpuliens, que ces cas de monoïcité étaient exceptionnels dans la famille.

J'ai découvert un autre exemple d'hermaphrodisme, mais cette fois dans une Annélide errante, appartenant au genre Néréide. Je crois cette espèce nouvelle et je propose de la nommer *Nevis massiliensis*. Voici ses principaux caractères : antennes moyennes courtes, subulées; antennes latérales grosses, plus courtes, composées de deux articles : le basilaire gros, le terminal très-petit; les deux tentacules supérieurs longs, atteignant jusqu'au huitième anneau, les deux inférieurs plus courts, mais dépassant les antennes; mâchoires fortes, courbées, offrant douze dents; pas de denticules; pieds semblables à ceux de la *Nereis bilineata*. Le corps d'une longueur de 4 à 5 centimètres, a de 60 à 70 anneaux d'un brun verdâtre, marqués de nombreuses taches vineuses; irrégulièrement disposées.

Cette espèce se trouve assez fréquemment sur les côtes de Marseille, au milieu des ulves. Elle habite un tube membraneux, établi dans un pli de leurs frondes; elle est herbivore. Sur onze individus que j'ai disséqués, neuf contenaient pêle-mêle, dans la cavité du corps, des spermatozoïdes et des œufs à différents degrés de développement. Les œufs murs observés dans la cavité générale sont jaunâtres, ils ont $0^{mm},37$ de diamètre. Les spermatozoïdes libres, nageant dans le liquide viscéral, sont composés d'une partie antérieure (tête), en forme de bâtonnet, longue de $0^{mm},01$, large de $0^{mm},0017$ et d'une queue excessivement ténue, longue de $0^{mm},45$. Leur queue est bien distincte, par sa longueur et par la nature de ses mouvements, des cils vibratiles de la cavité du corps.

Les deux individus sur lesquels je n'ai pas constaté d'hermaphrodisme étaient deux femelles, dont le corps était rempli d'une grande quantité d'œufs, tous arrivés à maturité.

Ces observations ont été faites dans le laboratoire de M. Ch. Lespès, à la Faculté des sciences de Marseille.

ÉTUDES SUR LA CHALEUR LIBRE

DÉGAGÉE PAR LES ANIMAUX INVERTÉBRÉS

ET SPÉCIALEMENT LES INSECTES,

Par M. Maurice GIRARD,
Professeur de physique et d'histoire naturelle au collége Rollin.

---

§ 1.

Historique de la chaleur animale des Invertébrés et spécialement des Insectes.

On donne le nom de *chaleur animale* à la chaleur développée à l'état libre, à un degré variable, dans les tissus et dans les organes des animaux. Elle peut être parfois mesurée en calories ou appréciée, dans plus de cas encore, par les thermomètres. Cette chaleur propre fait que les animaux ne sont pas à l'égard des corps bruts extérieurs, ni des milieux fluides qui les entourent, dans les conditions de matières inertes : ce sont des sources plus ou moins puissantes de chaleur qui interviennent pour mettre obstacle à l'équilibre physique que tendent sans cesse à amener les lois du refroidissement. C'est par comparaison avec l'état calorifique de nos organes du toucher, principalement du dessous de nos doigts, que le contact des animaux nous fait éprouver les sensations de *chaud* et de *froid physiologique*; elles sont, au reste, liées d'une manière moins directe qu'on ne croirait d'abord à la chaleur thermométrique.

L'existence de ces sensations a appelé de tout temps l'attention sur la production de chaleur dans certains animaux et surtout chez l'homme, et, dès la plus haute antiquité, les médecins cherchaient à expliquer le dégagement de la chaleur humaine, le refroidissement des cadavres avec la mort, les variations dans la sensation calorifique qu'ils éprouvaient au contact de l'homme sain ou de l'homme en état de fièvre, les diverses impressions de chaud ou de froid que nous présentent nos organes suivant certains états de leur physiologie normale ou pathologique; en

un mot, ces nombreux faits qui se rattachent plus ou moins directement à une production de chaleur libre. Pendant de longs siècles on se complut dans une de ces explications commodes qui abondent chez les anciens, complétement étrangers à toute science des causes, bien que, parfois, si délicats observateurs des effets et si exacts dans leurs descriptions. La chaleur naissait chez l'homme et chez les animaux supérieurs avec la vie et s'éteignait avec elle. Elle en était la conséquence intime et forcée, et son siége résidait dans le cœur, sans qu'on songeât à se demander pourquoi et comment elle y prenait naissance. Certains même soutenaient que, chez un animal vivant, le dégagement de cette chaleur par le cœur était assez intense pour impressionner douloureusement la main qui eût pu le toucher à l'intérieur du corps; c'est cette vieille doctrine d'Hippocrate, d'Aristote, de Galien, qui a laissé ses traces dans le langage religieux ou mystique, où se rencontrent si souvent les expressions de *cœur ardent*, *cœur brûlant*, *cœur embrasé* ou *enflammé*. De là, les images allégoriques de cœurs d'où partent des flammes. On attribua ensuite l'origine de la chaleur animale aux actes digestifs accomplis dans l'estomac, ou au frottement des organites hématiques du sang dans les vaisseaux, surtout les capillaires. Si Priestley reconnut le premier dans l'oxygène le véritable agent de la combustion et de la chaleur animale, c'est Lavoisier, débarrassé du phlogistique, qui démontra la vérité de cette origine, vérité que les expériences subséquentes ne firent que confirmer. Il faut remarquer combien les hommes de génie restent grands, même dans leurs erreurs, puisque c'est du rôle physiologique, si justement spécial, de l'oxygène que résultent les anomalies de la nomenclature chimique. Une hypothèse de certains physiologistes donnait pour cause à la chaleur animale une action directe du système nerveux. C'est ce qu'avança Brodie avec réserve, puis M. Chossat. Il est certain que toute lésion dans l'encéphale ou dans la moelle a une influence grave et immédiate sur la chaleur propre de l'animal; mais il est fort difficile de décider si l'on a atteint réellement la cause de la calorification ou si l'on ne fait que produire indirectement

un désordre capital dans la grande fonction de nutrition générale d'où dépend la chaleur des animaux. Il faut, évidemment, bien remarquer que la doctrine de la chaleur animale par la combustion respiratoire ne doit pas être prise dans un sens trop absolu, comme toutes les applications de la physique et de la chimie à la physiologie. L'être vivant n'est jamais complétement assimilable soit au bain électrique dans lequel le courant fait déposer les métaux, soit à la cornue ou au creuset où s'opèrent les combinaisons et les décompositions.

Cela n'empêche pas que la chaleur animale n'ait incontestablement pour cause la combustion et qu'elle ne soit liée d'une manière proportionnelle à l'énergie de la respiration. Les Insectes et les Articulés, en général, sont des animaux non moins propres à démontrer ce grand principe que les expériences, bien plus nombreuses, faites sur les Vertébrés. C'est le résultat important et fondamental du travail si remarquable, bien qu'un peu confus et prolixe, de Newport. Je dirai d'avance que les vérifications des mêmes faits par d'autres méthodes, et l'addition de faits nouveaux mais conformes, constituent le travail personnel que je me propose d'exposer. Je dois me déclarer heureux de pouvoir apporter quelques confirmations nouvelles à la vérité des grands principes qui ont illustré les Lavoisier, les Spallanzani, les W. Edwards, sans qu'il soit besoin d'invoquer, malgré certaines différences essentielles que nous offriront les animaux articulés, aucune autre loi que les effets physico-chimiques de la combustion.

Nous pouvons, sans avoir besoin de plus longs préliminaires, aborder le sujet de nos études, en laissant d'abord de côté les deux grands groupes de Vertébrés à température constante (Mammifères et Oiseaux) et à température variable (Reptiles, Amphibiens, Poissons). Nous écarterons aussi les Annélides et les embranchements des Mollusques, des Rayonnés, des Spongiaires. Ce sont incontestablement et toujours des animaux à température variable. On a le plus souvent constaté chez eux de légers excès de température au-dessus du milieu ambiant, en général, l'eau de mer; c'est ce qui résulte des expériences de

Valentin (1) sur les Mollusques et les Rayonnés, de M. Martins sur les Oursins (2). Parfois, au contraire, la température a été trouvée exactement celle du milieu ambiant, ainsi par Berthold pour des Escargots, des Limaces, des Vers de terre ; par Dutrochet, pour des Limaces et des Escargots ; par Valentin, pour des Spongiaires; enfin, Berthold a signalé aussi des Hélix et des Limaces à une température un peu inférieure à celle de l'air ambiant, sans doute par suite d'une évaporation active. Valentin résume, comme il suit, les moyennes de ses observations :

	Excès.
Polypes	0°,21
Méduses	0°,27
Echinodermes	0°,40
Mollusques gastéropodes	0°,46
Mollusques céphalopodes	0°,57

Il y aurait donc accroissement manifeste dans la chaleur animale à mesure que ces êtres s'élèvent en organisation. C'est surtout quand les petits animaux à faible chaleur propre sont réunis en grande masse, de manière à opposer une résistance plus efficace à l'action réfrigérante du milieu ambiant, qu'on peut constater, d'une manière irréfutable, l'existence de la chaleur propre. Il ne faut pas oublier une ancienne observation de Péron, lors du voyage aux terres australes, où il rapporte avoir vu le thermomètre monter de 3 degrés dans un amas de Zoophytes, la plupart phosphorescents, rassemblés dans un filet après que la drague les avait arrachés du fond de la mer. Je laisse de côté, comme citées partout, les observations de Swammerdam, Réaumur, Spallanzani et Huber sur la température élevée des ruches d'Abeilles. En 1800, Juch observait des dégagements analogues dans des fourmilières et dans un amas de Cantharides (3). Rengger (1817) note un excès de température dans un amas de Hannetons; Berthold chez des *Geotrupes stercorarius*. M. Regnault rapporte, dans ses expériences sur la respiration, que le thermomètre plongé au milieu des Hannetons

(1) *Répertoire d'anatomie et de physiologie*, 1839, t. IV, p. 359.

(2) *Annales des sciences naturelles*, Zool., 3e série, 1846, t. V, p 187.

(3) *Ideen zu einer Zoochemie*, I, 92.

placés dans un sac à claire-voie, de sorte que l'air circulait et qu'il n'y avait pas, comme dans les ruches et les fourmilières, de parois accumulant la chaleur, s'éleva cependant de 2 degrés centigrades au-dessus de l'air ambiant (1). Les larves même, en grand nombre, peuvent dégager une chaleur très-sensible. Les pêcheurs à la ligne qui se servent comme amorce de plusieurs larves de Muscides, principalement des *Musca vomitoria*, *Sarcophaga carnaria*, *Lucilia cæsar*, etc., connues sous le nom d'*Asticots*, savent très-bien que ces insectes leur font éprouver une sensation de chaleur quand ils les versent de la boîte qui les renferme dans la main engourdie par le froid. J'ai constaté, dans une boîte largement ouverte remplie de ces larves, que le thermomètre s'est élevé, au mois d'août, de 28 à 32 degrés centigrades et a stationné pendant dix minutes à 31°,8. Les résultats les plus marquants par l'intensité de la chaleur dégagée, surtout si l'on remarque qu'il s'agit de larves, m'ont été offerts par des larves de *Galleria cerella* (Lépid., Chalinopt., Crambides), développées dans des gâteaux de cire remplis des œufs du papillon et qui furent nourries pendant plusieurs jours avec de la cire hachée. Dans plusieurs jours d'expériences, le thermomètre, enfoncé au milieu des larves mêlées à la cire et très-actives contenues dans un pot découvert, offrit des excès véritablement énormes au-dessus de la température ambiante, à savoir : 12 degrés centigrades, 24°,2, 27°,4, 23°,9. La surface extérieure du vase était très-chaude à la main (2). Aucune fermentation n'avait lieu ni putréfaction, comme l'odorat le constatait; cette élévation de température était donc en rapport direct avec la nature chimique de l'aliment très-combustible spécial à ces larves.

Les faits précédents établissent donc de la manière la plus péremptoire la production de chaleur et même de chaleur intense par les insectes. Leur résistance aux abaissements de température en présente une nouvelle démonstration. Ainsi Spallanzani,

(1) *Ann. phys. et chim.*, 3e série, XXVI, 517.

(2) *Ann. de la Soc. entom. de France*, 1864, p. 676.

dans ses expériences sur les Abeilles, s'est assuré que ces Hyménoptères peuvent déjà s'engourdir à +9°,5 Réaumur, et que, plus le froid qu'ils ont éprouvé est grand, plus il leur faut de temps et une température élevée pour se ranimer. Il a fait voir encore que les Abeilles peuvent rester à une température de —2 à —3 degrés Réaumur pendant plusieurs heures sans geler, et qu'elles sont alors encore susceptibles de reprendre le mouvement à +30 degrés, mais périssent bientôt après, tandis que celles qui n'ont éprouvé qu'un froid de 0°,5 reprennent promptement leur première activité. En rapportant ces expériences, Straus-Durckheim fait remarquer que ces insectes pouvant résister pendant plusieurs heures à un froid de —3 degrés sans geler, prouvent par là qu'ils ont, comme les animaux dits à sang chaud, une chaleur naturelle qui les maintient au-dessus de la température de l'élément ambiant. Les auteurs rapportent de nombreux exemples d'insectes qui ont supporté des froids bien plus intenses sans périr et bien que leur corps éprouve la congélation ; mais ce sont surtout des œufs, des larves, des nymphes qui éprouvent sans danger ces abaissements, confirmant ainsi cette loi de W. Edwards que les animaux résistent d'autant plus facilement aux effets du froid que leur faculté de produire la chaleur est plus faible. Il faut toutefois remarquer, ce qui se présente toujours dans ces questions physiologiques si complexes, qu'il y a de manifestes exceptions pour certaines larves, comme le montrent nos expériences sur celles de *Galleria cerella*. Certains insectes adultes, de même par exception inverse, se comportent comme les états inférieurs ; ainsi ces Diptères Némocères, très-actifs cependant, qui existent dans les régions les plus voisines du pôle où l'homme soit parvenu, et qu'on voit voler au-dessus de la neige qui couvre nos campagnes et nos bois en hiver. Il y a des Lépidoptères dont les adultes n'éclosent qu'en hiver, ce sont les espèces des genres *Hibernia*, *Nyssia*, *Larentia*, etc., et les papillons mâles de ces espèces volent à la recherche de leurs femelles par les soirées brumeuses et froides de novembre, de décembre même. Les Podurelles, insectes dégradés toujours aptères, semblent exiger pour vivre l'humidité et le froid. On

trouve en tas sur les neiges la *Podura nivalis*, l'*Achorutes tuberculatus;* la *Desoria glacialis* ne vit qu'à la surface et dans les fissures des glaciers. D'après les expériences de Nicolet sur la *Podura similata*, ces insectes périssent dans l'eau plus ou moins promptement de +25 à +38 degrés, et, dans l'air sec, à +35 degrés en quelques secondes. Ils furent congelés au moyen d'un mélange réfrigérant à —11 degrés et y restèrent douze heures empâtés dans le bloc de glace formé et fragiles comme lui; cependant, dégelés lentement, ils revinrent à la vie en une heure et s'échappèrent en sautant. D'autres revinrent de même à la vie après dix jours consécutifs de congélation. On cite aussi certains autres insectes comme exclusifs aux neiges et vivant en troupes sur leur surface glacée; ainsi les *Borœus* (Névroptères), à femelles aptères, des forêts de sapins de la Suède et des Alpes, le *Cynips aptera*, Hyménoptère sans ailes, etc.

Par ces contrastes continuels qui attestent la merveilleuse adaptation des êtres d'un même type aux conditions d'existence les plus diverses, certains Insectes peuvent résister à des élévations considérables de température. On a trouvé des Hydrocanthares (Coléoptères) vivant dans des sources thermales; les Mélasomes (Coléoptères) des sables arides et brûlants, les Termites, les Polistes et les Guêpes des pays tropicaux, établissant leurs nids sous les toitures, supportent tous des excès de chaleur intolérable. Que de mystères encore sur ces questions! que de lois inconnues! L'hibernation des Insectes, comme celle des Vertébrés, n'est pas uniquement due à l'abaissement de la température. Certains individus des Lépidoptères diurnes du genre *Vanessa*, gagnent leurs retraites d'hiver et s'y engourdissent au milieu des chaleurs du mois d'août pour se réveiller et voler le long des routes aux premiers soleils de février, alors que la température moyenne est encore fort basse. Les plus grandes différences s'observent dans la résistance des chenilles à la chaleur; ainsi les chenilles rases de *Deilephila euphorbiæ* se plaisent aux rayons brûlants du soleil sur les Euphorbes à demi-calcinées, tandis que ces rayons tuent en quelques minutes les chenilles velues du genre *Chelonia*, surtout celles de la *Chelonia pudica*

qui vivent toujours cachées avec le plus grand soin dans les plantes basses.

Les Arachnides s'engourdissent en hiver comme beaucoup d'insectes, et les Annélides paraissent dans le même cas que les Crustacés dont la température semble être en équilibre avec celle du milieu ambiant. Spallanzani, dans ses expériences sur les Ecrevisses communes, a trouvé la température de leur corps constamment la même que celles de l'eau ou de l'air où elles vivent.

C'est d'après l'ensemble des faits que nous venons de résumer que Straus-Durckheim a le premier établi la distinction que nous retrouverons si souvent dans toutes les recherches ultérieures : « Il y aurait ainsi parmi les Articulés, comme dans l'embran- » chement des Vertébrés, des animaux *à sang chaud* et d'autres » *à sang froid;* que dans ces deux embranchements les volatils » et les marcheurs se trouveraient dans le premier cas, et les » rampants et les nageurs dans le second (1). »

Le développement de chaleur des Insectes pris en grande masse rend hors de doute le dégagement de chaleur chez les individus isolés ; mais ici, comme nous l'avons établi dans le chapitre qui traite des méthodes de mesure à employer pour les petits animaux, et, en général, pour les sources calorifiques peu intenses et de petite masse, la question se complique de l'influence de la masse du fluide ambiant et de la masse du corps thermométrique, négligeables dans le cas précédent. Les premières expériences qui démontrent la production de chaleur dans les Insectes isolés sont celles de Hausmann (1803) (2). Il plaça un individu parfait du *Sphinx convolvuli* (Lépid. Chalin.) dans une fiole de verre avec un petit thermomètre à côté. La température de l'air extérieur étant de 17 degrés Réaumur, au bout d'une demi-heure la température dans le bocal était montée à 19 degrés ; puis elle s'abaissa et revint à la première température. Il répéta l'expérience avec six individus du *Carabus hortensis* (Co-

(1) Straus-Durckheim, *Considérations générales sur l'anatomie des Articulés, etc.* Paris, 1828, p. 354.

(2) *De animalium respiratione,* 1803.

léoptères) et trouva un résultat analogue. Newport fait remarquer au sujet de cette seconde expérience, en s'appuyant sur le fait qu'il a constaté que les Carabés donnent très-peu de chaleur, qu'on est en droit de supposer, comme Berthold l'a pensé, que le résultat était accidentel et produit par la main de l'opérateur. Nous trouvons, en 1826, quelques observations nouvelles, sur des animaux articulés pris isolément, faites par J. Davy (1), soit à Ceylan, soit au Cap. Il introduisait la boule très-fine d'un petit thermomètre à mercure dans le corps de l'animal par une incision faite au moment de l'expérience.

Voici le tableau des résultats :

NOMS.	TEMPÉRATURE de l'air.	TEMPÉRATURE de l'insecte.	EXCÈS.
	°	°	°
Scarabée	24,3	25,0	+ 0,7
Ver-luisaut	22,8	23,0	+ 0,5
Blatte orientale (deux individus)	28,3	23,9	— 4,4
Blatte orientale (deux individus)	23,3	23,9	+ 0,6
Grillon	16,7	22,5	+ 5,8
Guêpe	23,9	24,4	+ 0,5
Scorpion	26,1	25,3	— 0,8
Iule	26,6	25,8	— 0,8

Il me semble évident que ces nombres sont tantôt exagérés, tantôt affaiblis, vu l'état violent et anormal où l'animal se trouve par suite de la lésion. Les abaissements de température proviennent certainement de quelque évaporation accidentelle due au liquide écoulé par l'incision, car on ne comprend pas autrement comment des Blattes seraient tantôt plus chaudes, tantôt plus froides que l'air ambiant. La grave objection que nous venons de faire à ces expériences fut parfaitement comprise par Nobili et Melloni.

Dans leurs expériences (1831), les Insectes n'agissaient sur les soudures de leur pile thermo-électrique, de trente-huit couples bismuth et antimoine, que par rayonnement à distance. L'animal était placé au foyer principal d'un miroir sphérique en lai-

(1) *Ann. phys. et chim.*, t. XXXIII, 2e série, 1826, p. 180.

ton, maintenu sans lésion par un fin réseau de fils métalliques ; ce miroir terminait un des appendices protecteurs de la pile, et l'autre base de la pile était à la même distance d'un autre miroir pareil, de sorte que les conditions sont identiques pour les soudures d'ordre pair et impair, et les rayonnements des pièces métalliques compensés, en même temps que, par cette disposition, les bases étaient soustraites à tout rayonnement extérieur. Les auteurs de ces recherches, physiciens et non naturalistes, se contentent de dire : « Environ quarante insectes, de tous les ordres et aux divers états de métamorphose, furent soumis aux expériences, et tous donnèrent des écarts de l'aiguille positifs, c'est-à-dire dans le sens calorifique, ce qui indique que les Insectes possèdent une température *tant soit peu supérieure* à celle du milieu ambiant. Les déviations arrivèrent quelquefois à 30 degrés. » Ils formulent cette conclusion que la théorie qui attribue la chaleur animale à une combustion lente du sang trouve sa confirmation jusque dans les Insectes.

Les auteurs de ces expériences cherchaient à étudier, en général, les chaleurs dégagées par les plus faibles sources; ainsi la combustion lente du phosphore, les rayons de la lune, etc., et c'est pour avoir opéré à distance qu'ils rangent indistinctement tous les Insectes dans ce cas, ce qui est loin d'être exact, comme nous le verrons, pour les Insectes de grand vol, à trachées vésiculeuses. On trouve encore dans le travail de ces physiciens l'assertion suivante : Les chenilles possèdent toujours une température plus élevée que les papillons et les chrysalides. Le résultat est fort inexact d'une manière générale ; il me paraît très-probable que les observateurs opérèrent seulement sur des Vers à soie, en temps de *frèze*, c'est-à-dire d'activité et de voracité de la chenille, tandis que dans cette espèce, comme dans certains autres Bombycides, les papillons sont peu actifs, et, en outre, ne prennent pas de nourriture, ce qui est général pour les Bombycides. Melloni et Nobili attribuent le fait à ce que les chenilles auraient un système respiratoire plus développé que celui des chrysalides et des adultes, ce qui amènerait, disent-ils, une respiration plus active en rapport avec un accroissement rapide exigeant bien

plus de nourriture. On reconnaît là l'influence des erreurs anatomiques et physiologiques de l'époque. On regardait alors un système de trachées tubuleuses ramifiées comme supérieur à celui qui ne présente que quelques larges ampoules aériennes; les travaux de M. E. Blanchard ont bien établi, au contraire, que le second système est un perfectionnement du premier et qu'il est en rapport avec une respiration bien plus active due à une accumulation d'oxygène en réserve beaucoup plus grande.

Les objections très-graves que nous présenterons à l'occasion des expériences de Dutrochet (1), dans la discussion des méthodes expérimentales, rendent inutile l'indication de ses résultats manifestement erronés. Il trouve tantôt du chaud, tantôt du froid pour les Insectes adultes ou de même espèce ou d'espèces très-voisines et de même conformation, ainsi sur des Mélolonthes et des Carabes, quand il opère à l'air libre. Il ne s'est pas mis en garde contre l'évaporation des liquides épanchés et a complétement négligé toute pesée, sans paraître comprendre combien la masse devient un élément important dans l'observation de la chaleur de ces petits animaux isolés. Nous verrons, *qu'au moins à l'intérieur du corps*, ce qui a toujours été le cas des expériences de Dutrochet, les Insectes isolés ont tous un excès de température sur l'air ambiant. Dutrochet se tire d'affaire par les explications les plus commodes. Il suppose que le *Rhizotrogus solstitialis* transpire moins que le *Melolontha vulgaris* (p. 48), et attribue la chaleur du *Lucanus cervus* à l'épaisseur de ses téguments, tandis que des *Carabus* et des *Blaps*, à téguments tout aussi propres à empêcher l'évaporation, lui donnent du froid.

Après les expériences si contradictoires et si incertaines de Dutrochet en 1840, M. Becquerel, en 1844, fit quelques observations très-peu nombreuses sur les Insectes au moyen des aiguilles thermo-électriques, au milieu d'une assez grande quantité d'autres épreuves sur les Vertébrés à sang froid. Il eut toujours soin de contrôler ses résultats au moyen d'expériences au thermomètre à mercure, contrôle dont il proclama la nécessité

1) *Ann. des sc. nat.*, 1840, 2e série, XIII, p. 5.

par la difficulté d'avoir une complète identité dans les pouvoirs thermo-électriques des deux soudures. Il n'observa jamais de froid à l'intérieur de ses Insectes, ce qui tient à ce que sa grande habileté dans la manœuvre des aiguilles le rendait moins exposé aux erreurs accidentelles, et, en outre, parce que sur cinq ou six expériences seulement qu'il a faites, l'accident provenant d'un froid dû à l'évaporation du liquide épanché a très-bien pu ne pas se produire.

Nous citons les quelques faits de température propre d'Insectes obtenus par M. Becquerel (1), dans le travail duquel, en collaboration avec Flourens, les Insectes n'ont tenu qu'une place très-secondaire. La température de la pièce où l'on opérait était de 22°,5. Une des soudures a été placée dans le sens de la longueur d'une *Blatte*, insecte orthoptère (probablement notre Blatte des cuisines, *Periplaneta orientalis*), et l'autre restant dans l'air, on obtint une différence de température de 0°,75 en faveur de la Blatte. Une larve d'*Oryctes nasicornis* (Coléop., Scarab.) a donné un excès de température d'environ 1°,5. La chenille du Ver à soie a offert des excès de 0°,87 à 1 degré ; celle de l'*Acherontia atropos*, 1°,66, quand l'animal était actif, la température descendant à celle de l'atmosphère s'il rentrait au repos. Enfin deux chenilles de Sphingides, d'espèces non indiquées, offrent à M. Becquerel des excès de 0°,27 à 0°55.

Une observation curieuse de chaleur d'insecte isolé fut publiée en Belgique en 1860, au début de la fondation de la Société entomologique de ce pays, par M. le docteur Breyer (2). Elle porte sur l'insecte qui inaugurait avec Hausmann, en 1803, les premières observations de chaleur individuelle, le *Sphinx convolvuli*. M. Breyer remarque d'abord que cette espèce fut la lumière artificielle qu'on projette sur elle en décrivant dans son vol de grands orbes irréguliers, ne se fixant en vol stationnaire pour butiner sur les fleurs que dans l'ombre assez épaisse d'une soirée déjà avancée. L'expérience est considérable par la gran-

(1) Becquerel, *Traité de physique considérée dans ses rapports avec la chimie et les sciences naturelles*. Firmin Didot. 1844, t. II, p. 59, 60, 61.

(2) *Ann. Soc. entom. belge*, 1860, t. IV, p. 92.

deur des résultats. Déjà, l'année précédente, il avait reconnu que ces Sphinx sont chauds entre les doigts quand on les saisit. Le 7 septembre 1859, un de ces Sphinx fut capturé au vol, pris entre le pouce et l'index et fendu. Le réservoir d'un thermomètre qui marquait 17 degrés centigrades fut enfoncé en entier dans l'insecte, et le mercure monta en une minute à 27 degrés. Je suppose, d'après les faits de mes propres expériences, que le réservoir pénétrait en partie dans le thorax. M. Breyer ajoute : « Cette expérience a été faite avec toutes les précautions nécessaires; ni mon pouce, ni mon index, ni la lanterne ne pouvaient en rien augmenter le calorique; celui-ci provenait uniquement de la chaleur propre de l'animal. » Il croit, en tenant compte de la chaleur perdue absorbée par le thermomètre, pouvoir évaluer au minimum à 32 degrés la température propre du Sphinx. Il admet, sans aucune démonstration toutefois, que l'insecte au repos n'a pas de chaleur et engage à rechercher : 1° la température de l'animal au repos et après un séjour assez prolongé dans un endroit chaud; 2° après son séjour dans un endroit froid; 3° après son vol dans une atmosphère refroidie.

Il est à remarquer que le *Sphinx convolvuli* est un insecte du vol le plus puissant qui existe. L'espèce, originaire de l'intérieur de l'Afrique, s'est acclimatée en Europe à la suite d'émigrations, et assez avant vers le Nord. De temps à autre, la race se renouvelle par des sujets africains qui arrivent sur nos côtes du Midi, et dont on reconnaît l'état de pérégrination lointaine à leurs ailes déchirées sur les bords et ayant perdu une partie de leurs écailles.

En 1862, M. Lecoq, correspondant de l'Académie des sciences, fit connaître à cette savante assemblée l'élévation considérable de température qui se produit chez les Sphinx lorsqu'ils se soutiennent en position de *vol stationnaire* (de rapides vibrations d'ailes contre balançant continuellement sur place l'action de la pesanteur, devant les corolles tubuleuses où ils enfoncent leur spiritrompe si développée. La chaleur qu'ils acquièrent alors surpasse, dit-il, celle des Mammifères et de l'homme, et arrive au moins à la température du sang des Oiseaux. Les

observations de M. Lecoq ont porté sur le *Sphinx convolvuli*, l'espèce des observations de Haussmann et de M. Breyer, et sur une espèce voisine, le *Sphinx pinastri*, qui paraît désignée pour la première fois sous le rapport de la calorification, les expériences de Newport ayant eu pour objet le *Sphinx ligustri*. « Les Sphinx du pin, dit M. Lecoq, moins gros, moins vifs et moins rapides, s'échauffent moins, malgré la grande consommation de miel de chèvrefeuille qu'ils faisaient sous mes yeux (1). Il serait à désirer que des essais analogues fussent répétés sur les très-grands Sphinx des pays chauds. »

Il est probable qu'ils donneraient des résultats tout à fait analogues à ceux du *Sphinx convolvuli*, dont la taille et la rapidité sont dans les plus grandes du genre. M. Lecoq n'a pas pu croire que le dégagement considérable de chaleur dont il était témoin fût le résultat direct et unique de la combustion du sucre qu'ils élaborent par l'oxygène de l'air de leurs trachées. Il a préféré une explication tout à fait inadmissible par une prétendue transformation du mouvement en chaleur, phénomène qui n'accompagne pas la production du mouvement mais son extinction.

Nous avons réservé pour la fin de cet historique, en modifiant un peu l'ordre des dates, l'exposé des importants travaux de Newport, dont nos recherches sont le complément direct.

§ 2.

Indication sommaire des travaux de Newport sur la chaleur propre des Insectes.

Les observations de Newport (*Trans. philos.*, 1837, p. 259 et suiv.) méritent de former un chapitre spécial ; leur valeur est telle que nous ne devons pas hésiter à supprimer la publication des résultats analogues que nous avons obtenus depuis par des méthodes différentes et variées.

Les travaux de Newport se composent de deux parties distinctes : les observations caloriques sur les Insectes réunis en

(1) M. Lecoq, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LV, p. 191, 1862 ; M. Girard, *Comptes rendus*, t. LV, p. 290, 1862.

agglomérations nombreuses et celles de la chaleur propre des Insectes isolés. L'intérêt considérable de la première série d'études nous oblige à en dire quelques mots, bien que nos recherches se soient exclusivement occupées du second sujet.

Le mémoire de Newport, trop peu connu en France, y est surtout célèbre par la démonstration du pouvoir de calorification volontaire des Hyménoptères sociaux, nidifiants, soupçonné par Huber et par Dubost pour les Abeilles, mais non prouvé. Il y a des individus, appartenant à la section des nourrices, qui, à certaines époques, se livrent à une véritable incubation en se posant sur les cellules renfermant les nymphes prêtes à éclore, ayant besoin d'une chaleur excédante pour se débarrasser de leur dernière enveloppe. Les couveuses sont surtout de jeunes femelles imparfaites qui ne quittent pas leur poste pendant dix à douze heures, ou sont aussitôt remplacées par d'autres en cas d'absence, et le surcroît de chaleur libre qu'elles rayonnent est accompagné d'une respiration plus active, indiquée par des mouvements précipités des arceaux de l'abdomen. Les expériences de Newport ont été faites sur des nids de Bourdons (*Humbles Bees*), notamment de l'espèce la plus grosse de nos contrées, le *Bombus terrestris* (p. 296 et suiv.). Le nombre de sujets des nids est peu considérable, et leur large corps peut aisément recouvrir le réservoir du thermomètre; les résultats observés ont été étendus par Newport, par induction légitime, aux ruches d'Abeilles. Il constata ainsi, en glissant sous le ventre le réservoir du thermomètre, des excès de température de 6 degrés pour le corps des Bourdons couveurs, au-dessus de la température des cellules non recouvertes, et bientôt sortaient de jeunes Bourdons mous, imprégnés de sueur, très-sensibles au moindre courant d'air, et se glissant parmi les autres Bourdons pour se réchauffer. Newport compare, avec une grande justesse, les Hyménoptères sociaux, au moment de la transformation de la nymphe, aux petits des Mammifères à l'instant de la naissance, incapables, pendant quelque temps, de produire et de maintenir une chaleur suffisante, et ayant besoin de la protec-

tion d'une chaleur extérieure. Ce principe, démontré par W. Edwards pour les animaux supérieurs, est, dit Newport, une des grandes lois universelles et simples de la vie animale. Toute cette partie du mémoire du naturaliste anglais est d'une haute valeur, et l'on y trouve un nouvel argument à ajouter à d'autres, par suite de la trop faible chaleur propre des sujets au moment où ils naissent, de l'assimilation à de véritables œufs des nymphes, chrysalides et pupes des Insectes à métamorphoses complètes.

Newport a étudié les variations de température des ruches pendant toute l'année (p. 299, 307, 309, etc.), au moyen de thermomètres fixés à demeure et d'avance, afin qu'on ne pût attribuer les nombres observés à un trouble accidentel causé dans la ruche par l'introduction de l'instrument, amenant des mouvements insolites chez les Abeilles, et par suite un dégagement de chaleur. Newport a soin de faire remarquer qu'il ressort de ses expériences que la chaleur des ruches est toujours liée à l'énergie de la respiration, et que, quand les Insectes se sont élevés à un certain degré au-dessus de la température ambiante, une abondante transpiration cutanée se produit, qui amène une diminution immédiate de température. « La température interne des ruches, dit Newport, augmente graduellement de mars en avril, et prend son maximum dans les mois de mai et de juin, époque de l'essaimage, où éclosent un nombre considérable de jeunes Abeilles, ce qui s'explique par la faculté de calorification, nécessaire pour l'éclosion des nymphes. » D'après Newport, l'excès de température de l'*Apis mellifica* sur l'air ambiant est de 5 à 7 degrés, en état d'excitation modérée, et peut parfois atteindre 10 degrés. Lors de l'essaimage, la température de la ruche peut s'élever à 35 degrés, montant alors à un excès d'environ 15 degrés sur la température extérieure ; l'excès moyen de la première partie de l'année de février à juin, dépasse beaucoup celui de la seconde partie, de juin à la fin de novembre. En août, la température de la ruche varie de 27 à 30 degrés au milieu du jour, pour une température extérieure souvent de 25°,5, de sorte que les Abeilles pro-

duisent moins de chaleur à cette haute température qu'à 20 degrés, lors de l'essaimage, parce qu'elles sont moins excitées. La température de la ruche, d'après Newport, s'abaisse graduellement à mesure qu'on approche des mois de décembre et de janvier, au point qu'alors, selon lui, la moyenne ne dépasserait pas + 7 degrés. Les Abeilles tombent alors en engourdissement, et leur respiration devient presque nulle. Il a même constaté parfois, dans les hivers 1835-1836 et 1836-1837, une température de la ruche inférieure à la congélation de l'eau ; si alors on réveille les Abeilles en frappant de petits coups réitérés sur les parois, la chaleur se développe aussitôt, et peut s'élever à + 22°,2, selon Newport, les Abeilles agitées s'accumulant autour du réservoir du thermomètre, remarque à laquelle l'auteur anglais n'a pas prêté une attention suffisante. Newport reconnaît que son opinion est en contradiction avec les anciennes observations de Swammerdam, de Réaumur et d'Huber, d'après lesquelles il se maintiendrait en hiver dans les ruches la température élevée d'un perpétuel printemps. Il croit qu'il y a là erreur due à ce que l'introduction des thermomètres causait aux Abeilles engourdies une agitation factice suivie d'une chaleur exagérée. Or les apiculteurs n'ont jamais admis l'engourdissement hibernal des Abeilles et la basse température qui l'accompagne. D'autre part, les expériences de Newport sont incontestables. Je crois qu'une circonstance à laquelle Newport n'a pas pris garde peut tout expliquer.

Certainement Newport n'a pas eu connaissance d'anciennes et très-remarquables expériences faites par Dubost (*Méthode avantageuse de gouverner les Abeilles*. Bourg (Ain), 1800). Dubost avait fait construire des ruches de bois pourvues de vitrages, contenant chacune au centre un thermomètre à mercure, entouré d'un étui de bois percé de trous et fixé à demeure, afin d'éviter l'objection qui lui fut faite par Huber sur l'introduction brusque du thermomètre, cause d'erreur que Newport suppose, probablement à tort, avoir existé dans toutes les anciennes expériences. Dubost a reconnu qu'en été, au moment de l'essaimage, la chaleur de la ruche varie de 28 à près de 34 degrés, et

se tient habituellement à 32 degrés, que la chaleur est à peu près égale à celle qu'une Poule communique à ses œufs lorsqu'elle couve. L'éclosion du couvain paraît souffrir de températures plus basses ou plus élevées. C'est pour augmenter la chaleur nécessaire à cette éclosion que les Abeilles, quittant leurs travaux, se groupent au centre de la ruche, sur les gâteaux, se serrant les unes contre les autres (p. 13), procédant de la sorte à une véritable incubation, et n'ayant qu'une inaction apparente; les Abeilles savent ainsi entretenir une chaleur déterminée, absolument nécessaire pour opérer la naissance des jeunes Mouches (p. 17). Si, au contraire, la chaleur devient trop forte dans la ruche, les Abeilles établissent des ventilateurs qui ne sont autres qu'elles-mêmes, se portant vers l'entrée, se cramponnant aux parois, et agitant leurs ailes avec une rapidité telle, que l'œil peut à peine en suivre les mouvements.

Dubost examina, jour par jour, la température de ses ruches pendant le rigoureux hiver 1788-1789. Après l'éclosion du couvain, la température des ruches tombe à une valeur de 20 à 25 degrés, mais reste à cette limite, même par les froids les plus rigoureux, pourvu que les Abeilles serrées en peloton continuent à entourer le thermomètre : mais on peut, peu de temps après, trouver ce même thermomètre à quelques degrés au-dessous de zéro. Dans cette saison, en effet, les Abeilles n'occupent jamais qu'une partie de la ruche, et si elles s'éloignent du thermomètre celui-ci subit l'influence de la température extérieure (p. 10). Ce fait donne, sans doute, la raison des résultats assez variés selon que les pelotes d'Abeilles étaient plus ou moins voisines du thermomètre, constatés par Newport pour ses ruches en hiver, et des basses températures qu'il y observait quelquefois, habituellement supérieures toutefois à la glace fondante. Dubost vit le thermomètre descendre dans une de ses ruches à —5 degrés, la serre où elle était placée étant à —8 degrés et l'air libre du dehors à —20 degrés. Les Abeilles, vives et bien portantes, avaient quitté le centre de la ruche où était fixé le thermomètre, pour se placer dans la partie supérieure. Une autre ruche, plus peuplée et plus riche en miel, laissée au froid rigoureux du

dehors, conservait, comme à l'ordinaire les hautes températures indiquées. Dans l'intérieur des deux ruches pendaient des glaçons s'arrêtant brusquement autour des parties où les Abeilles rassemblées en peloton conservaient une haute température. Dubost, à la fin de janvier 1789, observa des ruches sans abri dans la campagne, et, en frappant légèrement sur les parois, entendait aussitôt assez de bruit pour être rassuré sur le sort de leurs habitants; on ne peut présumer que, dans un pareil hiver, la gelée n'eût pas pénétré jusqu'aux Abeilles, si elles n'avaient eu le pouvoir de l'arrêter. Les Abeilles ne sauraient résister sans périr, même pendant peu de jours, à un véritable engourdissement; en hiver, elles se réunissent en masse et sont toujours environnées d'air chaud. Non-seulement elles ne succombent pas sous les atteintes du froid, mais peuvent encore se déplacer dans la ruche et notamment se serrer davantage, si le froid augmente, de sorte que le thermomètre au milieu des Abeilles monte alors de quelques degrés (p. 29), pour descendre, au contraire, si le temps devenant plus doux, le peloton s'éclaircit.

Les expériences de Dubost, si curieuses et conduites avec une véritable précision scientifique, sont restées ignorées, non-seulement de Newport, mais des auteurs français, ainsi qu'on peut s'en assurer en lisant le court extrait du journal *l'Institut* au sujet du mémoire de Newport inséré dans les *Annales des sciences naturelles* (Zoologie, 2e série, t. VIII, 1837, p. 124), et l'excellent ouvrage de M. Gavarret, *De la chaleur produite par les êtres vivants* (Paris, 1855, p. 385 et ailleurs). Il n'en reste pas moins acquis à Newport la preuve expérimentale de la chaleur d'incubation, et cette découverte importante que les dégagements de chaleur des Hyménoptères sociaux sont proportionnels à l'activité des mouvements respiratoires et à la quantité d'air respiré. Dubost, au contraire, tombe, à ce sujet, dans une erreur manifeste, quand il remarque que l'activité et la chaleur des Abeilles sont en raison de la quantité de miel qui se trouve dans la ruche et qu'il attribue la chaleur dégagée à la fermentation du miel servant à échauffer les Abeilles (p. 3 et 13). Il est juste de dire, qu'à l'époque où Newport expérimentait, la théorie chimique de

la respiration était autrement établie et justifiée qu'à la fin du XVIII^e^ siècle.

Newport a ajouté à ses observations sur les Abeilles et les Bourdons la recherche de la température des nids de quelques autres Hyménoptères sociaux. Il a trouvé des excès de 14 à 15 degrés au milieu du guêpier de la *Vespa vulgaris*. Dans le nid de la *Formica herculeana*, l'excès était d'ordinaire de 6 degrés environ, mais pouvait monter à 13 degrés si les Fourmis étaient fortement excitées. Les nids des *Bombus lapidarius* et *sylvarum* n'ont ordinairement, comme celui du *Bombus terrestris*, que 5°,5 à 6°,5 d'excès; mais il peut s'élever à 10 degrés si les Bourdons sont excités ou dans une période d'incubation.

Les recherches de Newport sur les Insectes isolés, au point de vue de la chaleur, comprennent plusieurs aspects de la question.

Il s'occupe de la chaleur propre de diverses espèces choisies dans plusieurs ordres différents et à l'état adulte (p. 283 et suiv.). Il y a ici deux résultats dignes d'être cités spécialement. Parmi les Coléoptères, les *Carabus monilis*, *violaceus* et *nemoralis* n'ont jamais présenté que des excès à peine sensibles au-dessus de l'air ambiant, comme 0°,1 à 0,2, tandis que le *Melolontha vulgaris* donnait des excès de 4 à 5 degrés pour sa température externe et le *Rhizotrogus solstitialis* de 0°,8 à 1°,7 (p. 293). Or, les Carabes sont des Coléoptères terrestres, à trachées tubuleuses, et les Hannetons des Coléoptères volants à trachées vésiculeuses; la liaison avec la respiration est immédiate. Chez les Lépidoptères, il faut noter les expériences sur le *Sphinx ligustri*, pour lequel Newport trouve des excès extérieurs très-variables, de 0°,2 à 5 degrés, les plus grands ayant lieu quand l'insecte est en mouvement, les plus faibles lors du repos.

Une série intéressante de recherches se rapporte à l'influence de diverses conditions physiologiques sur la chaleur libre des Insectes. Elle décroît avec la privation d'aliments (p. 272), et les résultats sont conformes à ceux que j'ai obtenus pour des Bourdons dont la chaleur propre, soit au thermomètre différentiel à l'air, soit à la pile thermo-électrique, décroît à mesure

qu'ils s'affaiblissent par la privation de miel. Le repos et le sommeil amènent aussi une forte et immédiate diminution dans la chaleur propre dégagée (p. 273). Newport dit avoir quelquefois vu chez des Bourdons en dormis la température s'abaisser un peu au-dessous de celle du dehors, de 0°,1 environ, mais c'était seulement dans le cas spécial où celle-ci était en voie de rapide accroissement et par la lenteur avec laquelle tend à se faire l'équilibre. Quand cela arrive, dit Newport, l'insecte se réveille légèrement et fait une ou deux fortes inspirations ; sa température se relève rapidement au niveau de celle de l'atmosphère et l'animal retombe dans son sommeil primitif ; l'inverse se présente si la température de l'air diminue, l'insecte endormi peut ou rester bien plus chaud que l'air ou s'abaisser peu à peu, mais moins rapidement que l'air, et cela avec plus de lenteur que lors de l'échauffement. Je suis obligé d'appeler l'attention sur ces faits, dus surtout à la conductibilité calorifique et qui se passent dans un milieu à température variable, afin qu'on ne puisse pas les opposer à des expériences dans des conditions différentes que j'ai à faire connaître, et où des abaissements de température superficielle se produisent dans un air à température constante.

Newport a surtout examiné sous le point de vue du sommeil le *Melolontha vulgaris*, l'*Apis mellifica*, le *Bombus terrestris* et la chenille du *Sphinx ligustri;* une table donne pour cette dernière la concordance des décroissements de l'excès de température avec la durée du sommeil et la diminution coïncidante des pulsations du vaisseau dorsal. L'étude de l'hibernation appartient au même ordre d'idées et comprend principalement les températures comparées des nids de l'*Anthophora retusa* en activité et dans le sommeil d'hiver (p. 275–279). Cette espèce présente la particularité remarquable que, dès le mois de septembre, on trouve dans le nid des larves, des nymphes et des adultes éclos qui attendent sans sortir jusqu'au milieu du printemps de l'année suivante, vivant aux dépens de la graisse accumulée dans leurs tissus.

Alors, dit Newport, la nymphe et l'adulte hibernants restent sensiblement à la température ambiante, tandis que la larve,

seule active et mangeant la pâtée mielleuse, est plus chaude qu'eux. Il en est tout autrement quand la saison d'hibernation est passée et que la femelle rousse s'envole à tire d'ailes au soleil de mai et de juin. La température est alors fort au-dessus de celles de la larve, de la nymphe et de l'insecte hibernant. Le nid, construit dans un sol mauvais conducteur, n'a encore eu avril, l'hibernation n'ayant pas cessé (du moins en Angleterre), qu'une température de 13 degrés, tandis qu'après la sortie des adultes actifs et alors qu'ils construisent des cellules et les approvisionnent de pâtée mielleuse, la température des cellules s'élève à 27 degrés et plus.

Newport, dans ses recherches sur la chaleur superficielle des larves (p. 264), n'a jamais constaté de froid, c'est-à-dire d'abaissement au-dessous de la température ambiante. Il a principalement opéré sur de grosses chenilles rases, les poils de beaucoup d'espèces ne permettant pas une application facile du thermomètre ; il a examiné, en outre, des larves d'Hyménoptères, solitaires ou sociaux, et de Diptères. Il n'a pas fait d'expériences sur les larves de Coléoptères, regardant les résultats comme analogues à ceux des larves précédentes, d'après la ressemblance des sujets. Quant aux larves des Orthoptères et des Hémiptères, que les conditions d'existence et la conformation rapprochent beaucoup des adultes, il est inutile de les étudier à part, car elles ne doivent pas différer notablement sous le rapport de la production de chaleur et de sa dépendance avec la respiration.

Newport est arrivé à formuler cette loi générale que la température de la larve est toujours plus basse que celle de l'adulte de la même espèce, en prenant deux individus dans un état d'activité analogue relativement à leurs conditions habituelles. Pour les larves des Hyménoptères les plus élevés, comme les *Bombus*, *Anthophora*, etc., l'excès s'élève de 1°,1 à 2°,2, tandis que pour les adultes il monte de 1°,7 à 4°,4 et 5°,5 et bien plus si l'insecte est fortement excité. Pour la larve et l'adulte de *Musca vomitoria* (Diptères), la différence est un peu moindre, atteignant rarement 0°,8 pour la larve et 1°,4 pour l'adulte. Les insectes Diptères ont une température un peu moindre que les

Hyménoptères, mais il faut dire que la faible masse des Diptères européens rend l'observation difficile et peu précise. Sur les grands Lepidoptères, à corps volumineux, la même difficulté n'existe pas. La larve de l'*Acherontia atropos* n'a pas dépassé un excès de 0°,25 environ, et, au repos, était tout à fait à la température ambiante; celle de *Pygæra bucephala* de 0°,25 à 0°,55, de l'*Attacus carpini* de 0°,2 à 0°,5, selon le degré d'activité. Les nombres sont analogues pour les chenilles des *Smerinthus populi* et *ocellatus*, *Dicranura vinula* et *Sphinx ligustri*. La chenille de *D. vinula* a parfois offert un excès de 1 degré; celle de *Sphinx ligustri* avait son maximum du cinquième au sixième jour après sa dernière mue, alors qu'elle mangeait avec beaucoup de voracité, comme les Vers à soie en grande frèze; elle atteignait alors un excès de 0°,7, puis les jours suivants n'avait plus que 0°,5, et enfin 0°,3, au moment de se chrysalider, sa respiration étant alors moindre et sa température affaiblie par une abondante transpiration. Les adultes vigoureux de ces deux dernières espèces accusaient, au-dessus de leurs larves, toujours pour la température superficielle, des excès qui s'élevèrent parfois à près de 4°,4 et ordinairement à 2°,8. Dans toutes ces expériences de Newport, les températures absolues de l'air varièrent de 13 à 20 degrés. Le naturaliste anglais fit aussi quelques expériences pour constater la température interne des mêmes chenilles, *au moyen d'incisions*, procédé qu'il regarde comme très-défectueux. Ses nombres sont analogues aux précédents. La température intérieure des larves de l'*Anthophora retusa* (Hymén.) fut prise sur des sujets dont les nids étaient depuis plusieurs jours dans une chambre de chaleur à peu près constante, et, sur chaque larve, aussitôt après qu'elle était retirée de sa cellule; l'excès pour un grand nombre de ces larves fut en moyenne de 0°,55. Une d'elles présentait ce même excès à l'intérieur comparativement à la température de sa face ventrale; pour la larve de *Musca vomitoria* même excès interne, mais pendant quelques secondes seulement, à cause du peu de masse.

Les expériences de Newport sur les chrysalides ou nymphes (p. 257), sans nourriture et sans mouvements de progression, des

Insectes à métamorphoses complètes, sont peu nombreuses. indique, comme fait général, que cet état de repos correspond à une température plus basse que dans les périodes d'activité antérieure et subséquente, c'est-à-dire pour la larve et l'adulte de même espèce. Il a trouvé d'habitude que les Insectes sont alors très-sensiblement à la température ambiante. C'est ce qu'il constate sur des chrysalides de *Sphinx ligustri*, placées chacune dans une fiole de verre à côté du thermomètre, et observées pendant trois jours. Il a trouvé une fois un abaissement de température de 0°,05 et remarque que, la température de l'air extérieur étant alors en train de s'élever, cela provient simplement d'un effet de conductibilité ; une chrysalide de la même espèce était en hiver très-sensiblement à l'intérieur, comme l'incision le fit voir, à la température de glace fondante ainsi que l'air ambiant. Newport n'a pas eu l'idée de suivre à la balance la perte de poids des chrysalides par évaporation et a ignoré les faits nouveaux que nous ferons connaître sur leur abaissement superficiel de température et sur le rôle du cocon. Des pupes de *Musca vomitoria*, recouvrant le réservoir du thermomètre, n'amenèrent aucun changement; avec des nymphes d'Abeilles il y eut un léger excès, bientôt éteint par la rapidité avec laquelle les nymphes perdent leur chaleur comparativement aux larves; cela explique, dit Newport, pourquoi tant d'Hyménoptères enfouissent leurs nids en terre dans les couches sèches et peu conductrices et prises dans les talus exposés au soleil levant, pourquoi les Abeilles et les Bourdons se pressent en foule sur les cellules contenant les nymphes prêtes à éclore, afin de leur procurer l'augmentation de chaleur nécessaire pour la transformation. Dans quelques circonstances seulement la température des chrysalides s'élève au-dessus de celle de l'air ambiant ; ainsi au moment où elles viennent de se former, que leur tégument est encore mou et leur respiration active, leur excès de température ne le cède pas à celui des larves. Ainsi la chrysalide toute récente de *Sphinx ligustri* dépassait de 0°,7 la température de sa coque de terre, mais au bout d'une heure, la différence était à peine de 0°,2. Une chrysalide fortement excitée s'élève au-des-

sus de la chaleur ambiante et de même si l'on augmente ou si l'on diminue subitement la température de l'air qui l'entoure, et enfin au moment où elle va devenir insecte parfait, en un mot, alors que sa respiration doit augmenter.

Les résultats obtenus par Newport pour les Insectes adultes comparés aux états antérieurs (p. 270) sont fort importants, tout à fait conformes aux données de la physiologie sur les Vertébrés supérieurs, et entièrement confirmés par mes expériences au même point de vue et par d'autres méthodes. L'insecte, dit-il, ayant achevé sa dernière métamorphose, offre une température du corps plus élevée qu'à toute autre époque de sa vie, et, quand il est dans une période d'activité, il est moins influencé par les changements subits de température de l'atmosphère que dans ses premiers états d'existence de larve et de chrysalide. Il possède donc une plus grande puissance de produire de la chaleur et de maintenir sa température; mais cette faculté n'est acquise que quelque temps après que l'insecte a pris l'état parfait, et d'une manière variable, selon les espèces. Lorsqu'un Lépidoptère quitte la peau de la chrysalide, son corps est entièrement mou et débile, ses ailes non encore développées et il paraît posséder moins de chaleur propre que quand il allait se transformer de larve en chrysalide. Sur ce point, Newport aurait pu remarquer qu'il y a un effet accidentel d'évaporation. Le papillon, reprend-il, cherche un lieu retiré où il puisse se suspendre verticalement en repos pour compléter le développement de ses organes locomoteurs. Pour cela, il respire avec force et longtemps: le gaz inspiré pénètre dans les grands sacs aériens de l'abdomen et jusque dans la base des ailes avec lesquelles les troncs trachéens sont en communication directe, et ces organes se développent à mesure que l'air entre dans les trachées qui en suivent les nervures. En même temps la température de l'insecte se relève peu à peu, atteignant son maximum quand les ailes sont tout à fait devenues fermes et aptes au vol. Ainsi la *Dicranura vinula* (Lép., Chalinoptère, Notodontides), une demi-heure après sa sortie de la chrysalide, n'avait qu'un excès de 0°,11; au bout d'une heure, 0°,17; d'une heure et demie, 0°,33, et l'In-

secte était pendant ce temps peu actif. Au bout de deux heures et demie, l'animal devenu plus vif, l'excès fut de 0°,66 et, les jours suivants, très-excité, de près de 4 degrés. De même, le *Sphinx ligustri* (Lép., Chalin., Sphingiens), au bout d'une heure et un quart d'éclosion, avait un excès de 0°22; de deux heures et un quart, 2°,9 alors qu'il commençait à voler; un autre, ayant volé plus longtemps, offrait un excès extérieur de 5 degrés. Dans ces mêmes espèces, les excès des larves ne sont que de 0°,7 à 1 degré.

La production de la chaleur présente à peu près la même loi pour les Hyménoptères, dont nous devons faire remarquer l'analogie d'organisation trachéenne avec les Lépidoptères, celle de la forme des ailes pour les papillons à vol très-puissant, etc.

Newport déclare n'avoir jamais trouvé un seul cas dans lequel il n'y eût un certain excès sensible de température extérieure chez les Insectes parfaits en activité de mouvement; on peut, dit-il, regarder comme admis que toute la classe développe une certaine chaleur extérieure. Mes résultats sont en complet accord avec ceux du naturaliste anglais, sauf quelques exceptions qu'une forte évaporation explique; dans les jours chauds, j'ai quelquefois trouvé l'*abdomen*, mou et gonflé d'œufs, de grosses femelles d'*Attacus* (Lépid., Chal., Bombyciens), ou de *Gryllotalpa* (Orthopt. coureurs) très-légèrement au-dessous de l'air ambiant. Le docteur Berthold, fait remarquer Newport, n'était pas arrivé à cette conséquence uniforme, et n'avait pas reconnu de chaleur appréciable dans deux expériences répétées par Newport avec des résultats différents. Ainsi Newport rapporte que vingt individus de *Musca vomitoria* adultes (*Calliphora* R. D.) lui donnèrent, en état d'activité, un excès de 0°,55 à 1°,55, l'air étant à 11°,1, et les mêmes, au repos, seulement 0°,3 ; Berthold n'avait pas trouvé d'excès à 21°,2, sans doute ses mouches étant trop peu actives. En cherchant à constater si un Insecte isolé dégageait de la chaleur, et pour cela introduisant de demi-heure en demi-heure un thermomètre dans une incision faite sous les élytres d'un Hanneton, il n'obtint aucun résultat, ce qui doit tenir à une évaporation de liquide extravasé, tandis que Newport trouve sur

divers Hannetons, selon leur activité, des excès variant de 1°,1 à 5 degrés.

Ces faits suffisent, affirme Newport, pour prouver l'existence chez les Insectes d'une forte température du corps, plus grande chez l'adulte que chez la larve, et en accord avec les faits observés par W. Edvards relativement à la différence qui existe entre la température des jeunes Mammifères et des adultes.

Les conclusions (p. 324) du mémoire de Newport sont toutes dirigées vers la démonstration de la dépendance continuelle et intime de la respiration et de la chaleur animale et justifient l'opinion émise dans notre travail, que les Insectes sont au nombre des animaux qui établissent le mieux cette corrélation.

« Relativement aux mœurs et à la structure anatomique des Insectes, dit-il, la quantité de chaleur est la plus grande chez les Insectes qui volent; ils ont aussi les organes respiratoires les plus amples et ce sont ceux qui consomment le plus d'air. Chez les Insectes terrestres, la chaleur est plus grande chez ceux qui ont les organes respiratoires les plus volumineux et qui respirent la plus forte quantité d'air, quelle que soit la disposition de leur système nerveux. (Newport fait ici, entre autres Insectes, allusion aux Hannetons à trachées vésiculeuses plus chauds que les Carabes à trachées tubuleuses.)

» Dans l'état de larve, les organes respiratoires sont moins amples que chez l'Insecte parfait, comparativement au volume du corps, et la larve a toujours la température moins élevée. Il faut toujours observer si l'activité respiratoire est la même dans les sujets que l'on compare. Ainsi, bien que les organes respiratoires aient plus de capacité dans la chrysalide que dans la larve, la température de la première est plus basse en raison de la condition physiologique d'une respiration inactive. »

« En considérant ces faits et en comparant, par analogie de condition, les Insectes aux Oiseaux, selon l'opinion du professeur Grant et de Richard Owen, vu la grande extension que prend dans ces deux classes l'appareil respiratoire disséminé dans tout le corps et l'activité de la fonction, et d'autre part la plus grande élévation de température des animaux des deux groupes, par

rapport aux autres classes de leurs embranchements respectifs, nous ne pouvons nous empêcher d'admettre l'opinion des plus éminents physiologistes, que la chaleur animale est le résultat direct des changements chimiques qui ont lieu dans l'air respiré.

» On pourrait arguer que la rapidité de la respiration coïncide avec celle de la circulation, et que cette dernière puisse peut-être précéder la première et être, en réalité, la cause du dégagement de la chaleur. On peut répondre à cela que la larve a une circulation plus rapide et cependant développe moins de chaleur que l'Insecte parfait. On peut voir, par un grand nombre d'observations inscrites dans mes tableaux, que la rapidité des pulsations du vaisseau dorsal peut coïncider avec un faible excès de température. On a reconnu que la larve en train de s'éveiller n'offre pas un plus grand nombre de pulsations, jusqu'à ce qu'ait commencé la première respiration, et dès lors la chaleur devient apparente. »

« Nous avons vu que dans les Insectes volants les plus parfaits, comme les Abeilles et les Sphinx, il y a la plus forte chaleur que dégage cette classe d'animaux et aussi la plus grande quantité d'air consommé (cette corrélation n'est toutefois pas appuyée d'analyses chimiques). Ils offrent aussi un système nerveux très-développé, et par suite on pourrait conclure, avec raison, que ce système doit avoir une grande influence sur la production de la chaleur. Mais, d'un autre côté, nous trouvons un grand nombre d'Insectes, comme les Méloés (Coléoptères, de la tribu des Cantharidiens, à gros corps mou), qui produisent beaucoup de chaleur et dans lesquels le système nerveux est comparativement peu développé; mais ces Insectes ont des organes respiratoires volumineux et une respiration étendue. Dans les Staphylins (Coléoptères) le système nerveux est extrêmement développé comparativement au volume du corps, les organes respiratoires sont assez grands, l'excès de chaleur très-modéré. Dans les Carabes (Coléoptères), le système nerveux est développé, de même que les organes de la respiration; mais l'activité de la respiration et l'excédant de la chaleur sont peu considérables (les trachées sont tubuleuses). Les Blaps (Coléoptères) sont dans

le même cas, sauf que leur système nerveux est d'un petit développement. Si la production de la chaleur dépendait du système nerveux ou du nombre de ses ganglions, la Sangsue qui a vingt-deux ganglions devrait produire plus de chaleur que les chenilles des Lépidoptères, qui n'en ont que dix ou douze, et les larves, en général, devraient donner autant de chaleur que les Insectes parfaits. Chez les larves de l'Abeille, du Frelon, de l'Ichneumon, de la Tenthrède, qui produisent tant de chaleur, le système nerveux est extrêmement réduit; et si, comme quelques-uns le supposent, la chaleur est le résultat des contractions musculaires, elle doit être la plus développée là où il y a la plus grande contractilité musculaire. Elle devrait donc se produire plus dans la Sangsue que chez les autres Annelés et elle devrait exister chez ces Vertébrés qui sont, au contraire, notés comme des animaux à sang froid.

» Ces faits, d'après une mûre réflexion, rapprochés de cette remarquable circonstance que l'Abeille possède la puissance de produire la chaleur à volonté, nous conduisent à la conclusion que, bien que toutes les fonctions se rattachent plus ou moins à la production de la chaleur, la cause immédiate réside dans les changements chimiques effectués pendant la respiration, et que l'influence du système nerveux ne vient qu'en seconde ligne. »

§ 3.

Méthodes expérimentales employées pour rechercher la chaleur propre des animaux articulés et spécialement des Insectes. (Discussion au point de vue de la physique.)

Les élévations de température les plus sensibles, les plus anciennement signalées chez les animaux Articulés et principalement chez les Insectes, ont été observées, avons-nous vu, quand ces petits êtres sont accumulés en grande quantité, et surtout dans des espaces clos, à parois peu conductrices de la chaleur, comme la paille des ruches, le carton naturel ou les creux d'arbres des guêpiers, les matériaux meubles et pénétrés d'air intercalé des fourmilières. La chaleur diffusée à l'intérieur par les parois se concentre, la température monte et, par une réaction

naturelle sur l'organisme, l'état physiologique des sujets ainsi renfermés ne peut être le même que s'ils sont isolés à l'air libre.

En outre, dans ces expériences, ces petits animaux, entassés les uns sur les autres, sont dans un état d'excitation qui augmente leur chaleur propre habituelle, et, de plus, ils offrent alors une masse considérable qui rend bien moins sensible l'effet du fluide ambiant dont la capacité calorifique tend sans cesse à amener un partage de la chaleur et à établir l'identité de température. Quand il s'agit de Mammifères et d'Oiseaux, à dégagement considérable et continuel de chaleur en vertu d'une respiration incessante et d'une circulation précipitée, et présentant, en outre, le plus souvent, une grande masse, on conçoit que l'influence du milieu ambiant soit négligeable. Il n'en est plus de même assurément pour de petits animaux de très-faible poids et dont la respiration est, en général, intermittente, et c'est cette double influence qui ne nous permet de constater, dans beaucoup de cas, sur les Insectes pris isolément, que des excès de température assez peu considérables, alors que, pris au contraire en amas, ils offrent des excès comparables à ceux des animaux supérieurs. On ne doit donc pas perdre de vue que le problème se complique ici de l'action incessante du milieu ambiant et du thermomètre dont la masse est le plus souvent bien supérieure à celle de l'animal isolé, ce qui tend à amener un prompt équilibre.

Quand les Insectes sont de grande taille et en activité de respiration et de mouvement, comme les *Sphinx convolvuli* et *ligustri*, qui butinent le soir sur les fleurs des jardins, la chaleur dégagée est assez grande pour impressionner la main quand on les saisit dans le filet qui a servi à les capturer.

Les recherches sur la chaleur animale se divisent en deux groupes bien distincts, les méthodes calorimétriques et les évaluations au thermomètre.

D'après la nature de nos expériences, nous n'avons à examiner que l'application aux animaux Articulés des procédés thermométriques, qui indiquent seulement des différences d'avec la température ambiante, incontestablement liées aux phénomènes de la respiration et de la circulation, mais sans aucune corrélation

numérique pondérable pour les effets chimiques produits. Deux classes de thermomètres ont été mis en usage pour les animaux Articulés, les appareils thermo-électriques où l'effet calorifique est en relation avec le courant électrique obtenu et avec la déviation de l'aiguille aimantée du galvanomètre qui en est la conséquence, et les thermomètres ordinaires, principalement à mercure ou à air, où l'effet calorifique se traduit par une dilatation d'un corps constant et identique avec lui-même et avec les autres instruments de même type.

Dans les premières recherches de ce genre sur des animaux Articulés pris isolément, dues à Haussmann (1803), l'Insecte était placé dans une fiole de verre fermée et, à côté, dans la même fiole, un thermomètre, de sorte que l'échauffement de l'air clos de celle-ci se communiquait au thermomètre. Il n'est pas besoin de faire remarquer que la respiration de l'Insecte dans un air confiné cesse bientôt d'être normale et que le verre n'étant pas athermane, il est impossible d'évaluer la part des radiations extérieures. John Davy (1) introduisait dans le corps de l'animal articulé, fendu par une large incision, le réservoir d'un thermomètre à mercure. En opérant de cette façon, il est clair d'abord qu'il produisait chez l'animal une violente perturbation devant d'abord exagérer le résultat normal, puis, au contraire, le diminuer à mesure que l'Insecte perd, avec ses forces, la faculté de produire et de conserver la chaleur ; en outre, le liquide s'écoulant de la blessure et subissant une évaporation pouvait amener un refroidissement très-variable. Ces inconvénients avaient frappé Newport, qui, dans ses nombreuses recherches, au moyen du thermomètre à mercure, se contente, en général, de maintenir l'Insecte au moyen de pinces en contact par un grand nombre de points de sa face inférieure avec le réservoir, de manière à l'en recouvrir le plus possible (2). Il se servait de très-petits thermomètres à mercure dont le réservoir avait à peine le diamètre d'une plume de corbeau. La pince de métal avec laquelle

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, 1826, 2e série, t. XXXIII, p. 195.

(2) *Philos. transact.* 1837, 2e partie, p. 259.

l'Insecte était assujetti, était entourée de laine, et la main qui la tenait munie d'un gant pour éviter le rayonnement. Newport avait pris soin de s'assurer, par des épreuves spéciales, en opérant des frottements étrangers analogues, que le frottement des anneaux du corps de l'animal, lorsqu'il respire avec rapidité, contre le réservoir du thermomètre était incapable de produire un échauffement sensible.

Newport remarque que, dans les observations délicates, comme par exemple, pour constater les variations de température d'un Insecte en repos ou en mouvement, il est nécessaire de faire usage du même instrument pour déterminer la température de l'atmosphère aussi bien que pour mesurer celle de l'Insecte, car on tombe sans cela dans la difficulté de la comparabilité parfaite de deux thermomètres différents. Il avait soin de mesurer d'abord la température de l'air, puis celle de l'Insecte, faisant remarquer que s'il eût, au contraire, observé d'abord celle de l'Insecte, l'humidité déposée sur le réservoir de l'instrument par la transpiration cutanée du corps de l'animal aurait produit du froid par évaporation et de là une température atmosphérique trop basse; et, par suite, la différence avec celle de l'Insecte trop grande.

Il est facile de voir qu'il subsiste encore dans cette manière de procéder de graves causes d'erreur. La nécessité de tenir l'animal immobile et de vaincre constamment ses efforts pour s'échapper en l'appuyant sur le réservoir du thermomètre doit amener chez lui un état de trouble qui n'est pas sans influence sur sa chaleur propre. La laine qui entourait la pince et celle du gant n'était pas un obstacle suffisant à la communication de la chaleur de la main par conductibilité du métal, et surtout, en outre, la présence du corps de l'observateur modifiait la température de l'air ambiant et celle du thermomètre même imparfaitement recouvert par l'animal. J'ai reconnu par de nombreux essais, en me plaçant dans les mêmes circonstances que Newport, que cet effet de rayonnement du corps sur des thermomètres très-sensibles peut aller de 0°,5 à 1 degré même du thermomètre centigrade, et comme cet effet n'est évité qu'en partie dans les

expériences de Newport, il ôte toute confiance dans les nombres absolus, surtout pour les petits Insectes. Toutefois, comme cette cause d'erreur est assez constante dans les expériences de cet habile naturaliste, les résultats comparatifs demeurent d'une grande valeur et font sans contredit du travail de Newport le meilleur que la science possède encore sur cette question. Pour les Insectes très-actifs, Newport s'est, en général, contenté du procédé, si grossièrement approximatif, de Haussmann.

Quand il voulait étudier le dégagement de chaleur d'Insectes volants, pour lesquels il eût été fort difficile de maintenir constamment le thermomètre appliqué contre la région ventrale, il les enfermait isolément dans une petite fiole de verre en les prenant au moyen des pinces mentionnées et ayant le soin particulier de ne pas toucher la fiole avec les doigts.

On peut objecter, dit Newport, que, quand le réservoir du thermomètre est appliqué à l'extérieur du corps, il peut rarement être assez complétement couvert pour que l'instrument indique toute la chaleur développée. L'objection, ajoute-t-il, n'a de valeur que dans les observations de très-courte durée ; en outre, fût-elle très-sérieuse, elle perd sa valeur par la considération suivante : il est presque impossible d'apprécier la température absolument exacte d'un insecte isolé, et quand on cherche la quantité de chaleur dégagée par un Insecte comparée à celle développée par un autre, l'erreur disparaît dans le rapport, les observations faites sur les deux étant pareillement conduites. Cette remarque, très-importante, domine aussi toutes mes expériences.

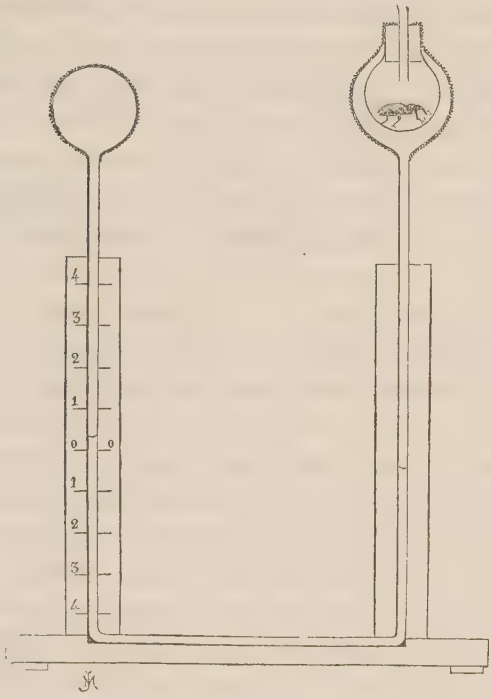
C'est avec beaucoup de raison que Newport recommande de toujours noter à chaque expérience le degré d'activité ou de repos de l'Insecte, ainsi que le nombre des inspirations, car son remarquable travail a surtout pour but de montrer la concordance parfaite de la chaleur dégagée avec l'énergie de la contraction musculaire et de l'activité respiratoire (*quantity of respiration*).

Il a fait un petit nombre d'expériences par le procédé de J. Davy, l'introduction interne du thermomètre ; il rejette cette

méthode par suite des causes d'erreur que nous avons énoncées. En outre, dit-il, la grande masse de l'instrument employé comparée à celle du corps de l'Insecte dans lequel il est introduit, détermine une perte de chaleur absorbée par le thermomètre avant toute dilatation du mercure. Newport ne fait pas attention que la même cause d'erreur subsiste dans ses expériences, où il mésure la température externe, qu'elle est générale dans toute expérience où il s'agit de déterminer la température de très-petites sources. Une des raisons pour lesquelles il préfère sa méthode c'est que, si la température de l'extérieur du corps de l'Insecte est toujours un peu plus basse que celle de l'intérieur, la différence n'est pas si grande qu'on pourrait l'imaginer au premier abord. La température intérieure est rarement, dit-il, si même jamais plus, de 0°,8 à 1°,1 (centigrade) au-dessus de celle à l'extérieur, et souvent, quand l'Insecte est dans un état de repos parfait, il n'y a pas même 0°,2 à 0°,3 de différence. Cela est exact pour beaucoup de cas, surtout au repos, mais, chez les bons voiliers en activité, comme nous l'avons constaté, les différences peuvent être plus fortes.

Une cause d'erreur commune à toutes les expériences précédentes, c'est la nécessité de faire concorder les indications du thermomètre influencé par l'insecte avec celui qui donne la température de l'air ambiant, et la difficulté devient notable, si l'on réfléchit que l'état calorifique de l'air ambiant est incessamment modifié par les radiations du corps de l'opérateur. Il est donc utile d'opérer avec un instrument différentiel, protégé par des écrans et à une distance telle de l'observateur que cette cause perturbatrice devienne négligeable. Je me suis arrêté au choix du thermomètre différentiel de Leslie, à longue colonne liquide, bien préférable à celui de Rumford dans lequel la capillarité des ménisques terminaux a une influence énorme et très-irrégulière, eu égard à la très-faible masse de l'index à faire mouvoir. Cet instrument, gradué comme l'indiquent les physiciens (je n'ai pas besoin de dire qu'il faut faire cette graduation soi-même avec le plus grand soin, celle de ces instruments que fournit le commerce étant tout à fait illusoire), donne très-facilement le

quarantième de degré centigrade. L'une des boules a subi une modification importante. Elle offre une profonde cavité intérieure, de sorte que le volume de l'air compris dans la zone



concentrique est sensiblement égal à celui du volume de l'air de l'autre boule. L'orifice rétréci de la boule est fermé par un bouchon muni d'un tube par où l'air entre et sort librement. L'insecte, saisi au moyen d'une longue pince de bois, est placé dans la cavité sans aucune pression, se meut volontairement ou reste au repos, respire librement dans un air normal, et la chaleur superficielle de tout son corps agit sur la masse d'air close qui doit pousser la colonne indicatrice de la différence thermométrique à travers une pellicule de verre nécessairement très-amincie par le soufflage. J'ai fait exécuter ces instruments par un habile artiste, M. Vernoy, bien connu des physiciens et des chimistes. L'appareil ainsi modifié pourra servir, non-seulement

pour de petits animaux, mais pour des fleurs en fécondation, des graines qui germent, des substances en combustion lente, des corps phosphorescents, etc., en un mot, de très-faibles sources. Pour éviter la grave objection que Melloni et Nobili (1) font aux thermoscopes à boules vitreuses, et qui est due à ce que le verre est diathermane et d'une manière très-inégale selon les sources, il suffit d'enduire les boules d'une épaisse couche de noir de fumée ou d'une feuille d'argent qui leur donne, outre l'avantage de devenir athermanes, celui de perdre le moins possible par rayonnement. C'est le moyen dont se servent MM. de Laprovostaye et Desains dans ce but. Un écran protége les boules contre leurs rayonnements mutuels. Un écran de bois parallèle à l'appareil et revêtu d'une feuille de métal du côté de l'observateur, qui se tient au reste à une assez grande distance, empêche tout effet de rayonnement du corps de celui-ci. Une fenêtre munie d'une glace et percée dans l'écran permet de lire la graduation. Avec de telles précautions, on est certain que l'excès indiqué provient uniquement et entièrement de l'insecte. De plus, comme l'air n'a qu'une faible masse, il absorbe bien moins de la chaleur superficielle de l'insecte que ne le fait le mercure du réservoir dans les expériences de Newport. On comprend, en effet, que pour de si petites sources, l'influence de la masse du corps thermométrique est toujours très-forte, et l'on ne peut avoir que des résultats en moins, relatifs à la chaleur superficielle de l'animal mis en expérience. D'autre part, outre la même cause d'erreur, la gravité de la lésion éprouvée quand on enfonce des instruments à l'intérieur de leurs organes ne permet pas d'admettre le résultat comme donnant la température intérieure normale. Peut-être une moyenne entre les deux observations approche-t-elle de la vérité ? On voit tout de suite que le genre de recherches dont il s'agit offre bien moins de certitude que pour les Mammifères et les Oiseaux chez lesquels, sans trouble pour l'animal, on introduit le thermomètre, soit dans des cavités naturelles, soit dans des blessures insignifiantes, et chez lesquels

(1) *Ann. de chim. et phys.*, 2e série, t. XLVIII, 1841, p. 198.

aussi, sauf les plus petites espèces, l'absorption de chaleur par l'instrument est négligeable.

Le thermomètre à mercure qui a servi aux expériences de John Davy et de Newport présente l'inconvénient d'une sensibilité médiocre pour des sources aussi faibles et surtout d'aussi petite masse que les animaux articulés aériens. Il est singulier que Newport n'ait pas eu l'idée de se servir de son thermomètre très-délicat pour mesurer la chaleur propre des Insectes à l'intérieur, sans leur causer de lésions, en l'introduisant dans la partie terminale de l'appareil digestif, selon le procédé presque toujours suivi pour les Mammifères et les Oiseaux, et ainsi que nous l'avons fait dans une partie de nos recherches.

La structure anatomique du gros intestin droit et musculeux des chenilles, sa grande largeur attestée par la dimension des excréments qui en donnent un moule interne exact, et bien supérieure pour les grosses espèces au diamètre des réservoirs des thermomètres délicats, garantissent contre toute objection relative à une perturbation par lésion. J'ai vu les chenilles, après ces épreuves, manger ou filer leur cocon d'une manière complète, ce qui prouvait l'absence de blessure. De cette façon, le réservoir entièrement abrité se trouve soustrait aux causes d'erreur que nous avons signalées, quand on se contente de le mettre en rapport avec la surface du corps de ces petits animaux, et l'on obtient d'intéressants résultats, à cause de la grande différence des températures interne et externe, vu la puissante réfrigération de la surface par le milieu ambiant : et cette différence est bien plus forte que pour les diverses régions des animaux supérieurs ; mais ce genre d'expérimentation exige des Insectes d'une grosseur exceptionnelle. Il faut toujours placer l'insecte sur un lit épais de duvet ou de ouate et le tenir avec une longue pince de bois ; le bois n'ayant pas de conductibilité appréciable, on évite ainsi l'objection qu'on peut faire à la pince métallique de Newport, même entourée de laine ainsi que la main.

Le thermomètre différentiel à air, modifié comme nous l'avons décrit précédemment, est encore plus lent à indiquer les températures que ne le sont de très-petits thermomètres à mercure ; il

faut surtout un temps assez long pour qu'il reprenne sa position initiale d'équilibre avec l'air ambiant, à cause des frottements de la colonne de liquide mouillant et de sa capillarité variable avec la température ; et l'inégale épaisseur que peuvent présenter les boules vitreuses ne le met peut-être pas à l'abri de légères influences de la pression atmosphérique.

L'extrême sensibilité des appareils thermo-électriques, rend au contraire cette troisième classe d'appareils la plus apte à donner des indications calorifiques dans la généralité des cas. Ces appareils se divisent en deux groupes : les *aiguilles thermo-électriques*, à deux soudures, formées de fer et de cuivre, ou mieux, de fer et de platine, enveloppées de gomme laque, excepté à la pointe; et les *piles thermo-électriques*, à barreaux multiples de bismuth et d'antimoine. Les aiguilles thermo-électriques, entre les mains habiles de M. Becquerel, ont déjà rendu de grands services pour l'étude de la chaleur animale, et les expériences de MM. Becquerel et Breschet, trop peu nombreuses toutefois, ont fixé, concurremment avec les thermomètres, la température de l'homme, des animaux supérieurs et de leurs différentes régions. Toutefois, même dans ce genre de recherches où nous ne trouvons pas les causes capitales d'erreur que nous signalerons bientôt, M. Becquerel a eu soin de mettre en garde les observateurs contre le difficile usage des aiguilles et les inexactitudes dans lesquelles tombe un expérimentateur peu habile. Il faut une parfaite identité dans les pouvoirs thermo-électriques des deux soudures, éviter tout échauffement accidentel par le corps ou les mains, se mettre en garde contre les réactions chimiques des milieux sur les métaux des aiguilles ou les froids dus à l'évaporation des liquides, et enfin contrôler les expériences par d'autres expériences faites au moyen du thermomètre à mercure ; ce qui est souvent impossible pour les Insectes (1). M. Becquerel n'a fait qu'un très-petit nombre d'expériences, cinq ou six, sur les Insectes. Dutrochet, qui s'était d'abord servi des aiguilles

(1) Becquerel, *Traité de physique considérée dans ses rapports avec la chimie et les sciences naturelles*, t. II, 1844, p. 59, 60, 61.

thermo-électriques pour étudier la chaleur des végétaux, c'est-à-dire, dans le plus grand nombre des cas, des effets de simple conductibilité, a eu l'idée de les employer de la même manière pour mesurer la chaleur propre des Insectes. Les travaux de Dutrochet sont les derniers qui aient paru sur cette question (1). Je regrette de me trouver ici en désaccord avec les éloges sans restriction que M. Gavarret donne au travail de Dutrochet dans son excellent livre sur la chaleur animale (2); je crois pour mon compte que la publication antérieure de Newport lui est complétement préférable, malgré les causes d'erreur des procédés de mesure. Nous devons d'abord remarquer que les aiguilles, fer et cuivre, de Dutrochet sont d'une sensibilité beaucoup plus faible que les soudures, bismuth et antimoine, de la pile de Melloni et Nobili; ce qui est fort important quand il s'agit d'aussi faibles sources calorifiques que celles dont il est ici question. Si les aiguilles thermo-électriques donnent de bons résultats pour les animaux de grande masse, c'est qu'elles ne produisent chez eux qu'une lésion insignifiante, et que la quantité totale de chaleur qu'ils possèdent annulle les causes d'erreur dont je vais parler. Chez les Insectes, au contraire, la lésion produite par l'aiguille est très-grave et doit les jeter dans cet état de trouble que Melloni et Nobili, comme Newport, reprochent aux observateurs qui enfoncent de petits thermomètres dans l'intérieur du corps de ces animaux. De plus, Dutrochet, qui, lorsqu'il s'agissait des végétaux, enfonçait toujours la soudure à 5 millimètres, afin de rendre les résultats comparables, croit que la même méthode peut s'appliquer aux Insectes. Il n'a pas remarqué qu'il est parfaitement déraisonnable d'assimiler des animaux d'une organisation aussi complexe à des tiges d'asperge, et que cette égale profondeur où il enfonce l'aiguille lui fait rencontrer les organes les plus différents, suivant la région, l'espèce, la taille du sujet mis en expérience. J'ai reconnu directement que la température varie avec les régions, bien plus même que chez les animaux

(1) Dutrochet, *Ann. des sc. nat.*, Zool., 2e série, t. XIII, p. 5.

(2) Gavarret, *De la chaleur produite par les êtres vivants*, Paris, 1855 p. 122.

supérieurs. En outre, Dutrochet se condamne par sa méthode (il le dit textuellement) à n'opérer que sur de gros Insectes : il ne peut expérimenter sur l'abeille, par exemple. Or, avec la pile thermo-électrique, on obtient un résultat sensible, même sur des Coccinelles, dont le poids varie de $0^{gr},008$ à $0^{gr},014$.

Dutrochet se voit immédiatement arrêté par la difficulté suivante : dans l'air libre, ses Insectes, enfilés à l'aiguille thermo-électrique, lui donnent tantôt du chaud, tantôt du froid. Il se hâte d'attribuer cela à une évaporation superficielle, sans remarquer que son aiguille de section très-étroite, enfoncée à 5 millimètres, c'est-à-dire, en général, à plus des deux tiers de l'épaisseur de ses Insectes, lui donne la température de ce qui est en contact avec elle dans les parties engaînantes, et non de la surface de l'animal, siége de l'évaporation cutanée. Il faut, pour obtenir réellement la température de cette surface, la faire porter sur le thermomètre, même par le plus grand nombre de points possible. Quoi qu'il en soit, Dutrochet, pour éviter cette évaporation, suivant lui, due au corps de l'animal, imagine de le placer sous une cloche fermée et saturée de vapeur d'eau, c'est-à-dire dans une atmosphère peu habituelle que la nature ne réalise à l'air libre que dans les circonstances de sa plus grande humidité. Alors il obtient toujours de la chaleur, résultat assez naturel pour les parties profondes. Il admet, sans hésiter, que les espèces les plus voisines, physiologiquement semblables, donnent tantôt du chaud, tantôt du froid dans l'air ordinaire. Or, avant d'aller plus loin, qu'on se représente un malheureux hanneton attaché à un bâtonnet, rendu incapable par des liens de mouvoir ses membres, avec une aiguille, énorme eu égard à sa masse, enfoncée au milieu du corps et dans une atmosphère toute spéciale; il me semble impossible de regarder l'animal comme placé dans des conditions normales. Je n'hésite pas à attribuer la faiblesse des indications de Dutrochet à ces mauvaises conditions d'expérience. Il faut opérer sur des Insectes isolés, libres de leurs mouvements, sans vase clos, dans l'air ordinaire et ne subissant aucune lésion. Veut-on savoir d'où venait ce froid, à l'air libre, qui conduit Dutrochet à ces étranges con-

clusions? Tout simplement, et c'est un des motifs qui m'ont fait rejeter souvent les aiguilles pour les expériences dans l'air, à des liquides extravasés plus ou moins, coulant sur la soudure et amenant l'évaporation la plus diverse et la plus irrégulière, avec une variation de température qui est fréquemment du même ordre de grandeur que la quantité à mesurer. Dutrochet, en outre, n'a opéré que sur une vingtaine d'Insectes, somme d'expériences insuffisante pour permettre des conclusions générales sur une classe d'animaux aussi nombreuse. Enfin, il a toujours omis d'accompagner le résultat thermique du poids du sujet mis en expérience, et il est facile de comprendre que ce poids est ici un élément de grande importance, vu l'influence du milieu ambiant. Ainsi, par exemple, qu'on trouve pour la surface du corps d'un Bourdon en activité un excès de 2 à 3 degrés centigrades au-dessus de l'air ambiant, on sera tenté au premier abord d'assimiler le phénomène avec ce qui se passe pour les Reptiles et les Batraciens, pour lesquels le thermomètre donne des résultats analogues; mais si l'on vient à réfléchir que ce Bourdon ne pèse que 3 à 4 décigrammes, on est porté, au contraire, à le rapprocher des animaux supérieurs, à respiration puissante. Les Insectes, en effet, selon les conditions très-variables de leur activité respiratoire, ressemblent tantôt aux Vertébrés dits à sang chaud, tantôt aux Vertébrés à sang froid. Je crois devoir, au reste, citer textuellement l'opinion de M. Becquerel, si bon juge en pareil sujet, à propos des expériences de Dutrochet : « Les résultats obtenus » dans les expériences précédentes sont tellement faibles, et » l'appareil donnant quelquefois des indications provenant de » causes étrangères qu'on ne peut pas toujours saisir quand on » ne connaît pas parfaitement l'appareil, qu'il serait à désirer que les expériences fussent répétées encore un grand nombre de fois pour être certain que les résultats généraux dussent » être admis en physiologie (1). » Comme on le voit, M. Becquerel ne paraît accorder qu'une médiocre confiance aux expériences de Dutrochet. Il est vrai que le passage précédent s'ap-

(1) Becquerel, *op. cit.*, p. 87.

plique aux travaux de Dutrochet sur la chaleur des végétaux, car M. Becquerel ne mentionne aucunement le mémoire relatif à la température des Insectes; mais il faut remarquer que ces expériences ont été faites par le même observateur, avec les mêmes aiguilles, également dans l'air saturé, l'une des aiguilles étant enfoncée dans un insecte pareil, tué par immersion dans l'eau bouillante, absolument comme lorsque Dutrochet opérait avec les végétaux. Les aiguilles thermo-électriques peuvent rendre des services exclusifs pour les petits animaux *au sein de l'eau*, milieu dont la capacité calorifique est si différente de celle de l'air.

Les piles thermo-électriques formées de bismuth et d'antimoine l'emportent sans contestation possible sur tous les autres moyens calorimétriques ou thermométriques par leur sensibilité exquise; seules elles donnent des indications avec une foule de faibles sources calorifiques, inappréciables à d'autres appareils. Melloni et Nobili imaginèrent, leur pile restant horizontale, de terminer les appendices qui l'enveloppent de chaque côté par des miroirs concaves de laiton poli. Au foyer principal de l'un d'eux étaient placés successivement les Insectes isolés, retenus dans un réseau en fils de métal, mais sans lésion ni pression. La pile était influencée par la chaleur rayonnant du corps de l'Insecte; plus de quarante Insectes de tous les ordres et aux divers états de métamorphose furent essayés et tous donnèrent des indications de chaleur. (1). Il est facile de voir, en lisant le reste du mémoire, où les auteurs cherchent à mesurer la chaleur de combustion lente du phosphore, la chaleur lunaire, la variation des pouvoirs réflecteur et absorbant des corps avec l'état de la surface ou la couleur, que Melloni et Nobili ne s'occupaient des Insectes qu'en passant et comme preuve de la grande sensibilité de leur appareil; ils se contentent d'énoncer que les Insectes, même isolés et sans lésions, dégagent de la chaleur par la surface du corps; fait important, déjà découvert depuis longtemps par Haussmann, mais que Melloni et Nobili étendaient à beaucoup plus d'exemples. Il faut remarquer que les auteurs opéraient dans une masse d'air

(1) Melloni et Nobili, *Ann. de chim. et phys.*, 2e série, t. XLVIII, 1831, p. 198.

confinée beaucoup trop limitée, dont la température en s'élevant sensiblement, pouvait réagir sur l'animal; de plus, on ne sait trop comment lier les indications très-faibles que donnait ce rayonnement à distance avec la chaleur de la surface du corps de leurs Insectes; enfin, les auteurs ne parlant aucunement de précautions à prendre pour placer ces petits animaux, ont peut-être pu les échauffer avec les doigts, car je me suis assuré que bien souvent les Insectes ne sont pas assez chauds pour influencer à distance la pile thermo-électrique. Il m'a été, au contraire, très-facile de disposer l'appareil de Melloni et Nobili de façon que l'insecte agisse au contact même des barreaux; il suffit de le placer vertical et de laisser tomber l'animal, appuyé par son poids, sur la face supérieure. Un large cône de métal, athermane, met la pile, outre les écrans, à l'abri de tout rayonnement étranger et empêche en même temps la déperdition d'une partie de la chaleur de l'animal; il est ouvert, de sorte que l'animal reste toujours à l'air libre, sans lésion ni gêne; il faut seulement pour les Insectes très-vifs un léger diaphragme de fils de laiton qui les empêche de remonter. On ne doit toucher les Insectes qu'avec de longues pinces de bois. On obtient ainsi au contact des effets puissants. La grande masse des barreaux tend sans cesse à ramener l'animal à l'équilibre de température; il produit sur l'aiguille du galvanomètre une déviation qui est en raison et de la masse et de l'excès de température; dans son retour à l'équilibre, elle prend des positions stationnaires en rapport avec les dégagements variables de la source vivante (selon les contacts et selon des causes propres à l'animal) qui rendent le phénomène complétement différent du cas où un corps inerte, de masse analogue et un peu échauffé, est soumis au contact de la pile et revient à l'équilibre par les seules lois physiques de la conductibilité et du rayonnement. Le galvanomètre étant installé avec les précautions convenables, chaque pile thermo-électrique (on doit faire varier l'étendue de la surface suivant les sujets, afin d'avoir toujours le plus de contact possible) donne de bons résultats comparatifs, vu son identité continuelle à elle-même. En revanche, les appareils thermo-électriques ne sont plus aussi

rigoureusement exacts quand on cherche à en déduire des indications, soit en intensités de courant, soit en unités thermométriques ordinaires, ainsi en degrés centigrades. C'est ce qu'on a toujours fait pour les aiguilles thermo-électriques, ou les disques thermo-électriques, proposés par M. Gavarret (1); c'est ce qu'on peut aussi faire pour la pile de Melloni et Nobili. J'ai cherché à me rapprocher complétement de l'expérience sur les petits animaux, en prenant de petits prismes de cristal, échauffés à l'avance au milieu du duvet de cygne de 1 à 2 degrés, et les transportant très-rapidement au contact des barreaux; on peut ainsi, par une moyenne de nombreux essais, établir une table de concordance entre les déviations galvanométriques et de petits excès de température. On n'a jamais qu'une approximation assez grossière; mais il faut remarquer que les imperfections dans les contacts des Insectes et la grande variabilité de la chaleur propre dans les Articulés rendent ici les valeurs absolues de fort médiocre importance, et affectées d'une double erreur expérimentale; ce sont les comparaisons qui offrent l'intérêt capital. Quand on se contente des indications du galvanomètre, on a des résultats comparables à eux-mêmes, tant qu'on se sert de la même pile, mais elles varient selon l'un et l'autre instrument. Les tables de comparaison avec le thermomètre à mercure, dressées à part pour chaque instrument, ont l'avantage de faire concorder les résultats obtenus séparément, si l'on juge avantageux de les grouper. Elles ne sont pas nécessaires si l'on n'a besoin que de comparer entre elles les expériences faites avec une seule pile. Ayant obtenu sur un grand nombre d'Insectes des indications précises en degrés centigrades par des méthodes directes, j'ai jugé inutile de chercher à traduire de la sorte les déviations du galvanomètre dues aux piles. Les tables de concordance sont fort incertaines avec les déviations initiales, influencées considérablement par la vitesse acquise; or, je suis obligé de me servir de ces déviations afin d'avoir à me préoccuper le moins possible de l'effet du refroidis-

(1) Gavarret, *op. cit.*, p. 30.

sement subséquent par la masse des barreaux, amenant des déviations stationnaires momentanées, selon la réaction très-variable et impossible à apprécier rigoureusement de la chaleur propre de l'animal.

Je me suis toujours servi d'un galvanomètre astatique de M. Ruhmkorff (celui des appareils de Melloni des cabinets de physique), placé à poste fixe dans la salle d'observation sur une plate-forme de bois, assemblée sans pièces de fer, disposée contre un mur sans toucher le parquet, ce qui met l'instrument à l'abri de trépidations accidentelles. Il est bon, quand on observe les déviations, de ne pas avoir sur soi d'objets en fer, troublant les aiguilles, et même il faut se défier du fer qui se trouve souvent à l'intérieur des boutons des vêtements. Les galvanomètres construits par l'habile artiste et le savant que nous venons de citer (1), sont surtout très-comparables dans la première moitié de la course de l'aiguille, le demi-quadrant. Selon les dimensions des Insectes, j'ai employé plusieurs piles. L'une (que je désigne par A) est la pile à base carrée (de 13 mm. de côté et 30 doubles barreaux) de l'appareil Melloni déjà cité; l'autre (pile B), destinée à de plus grands insectes et moins sensible, était une pile cylindrique, de 22 millimètres de diamètre, présentant 34 soudures d'ordre pair et impair; enfin, j'ai quelquefois employé, mais beaucoup plus rarement, une pile que m'avait prêtée M. Ruhmkorff (pile C); c'est une pile carrée, un peu plus grande que la pile A, offrant les soudures en relief, suivant des pointes mousses. Cela permet un meilleur contact avec certaines formes d'Insectes.

Je dois indiquer, pour terminer ce qui concerne les appareils thermo-électriques, quelques manœuvres supplémentaires. Elles m'ont été suggérées par l'expérience dans le cours de mes longues recherches, et peuvent éviter bien des tâtonnements et des erreurs de détail à ceux qui voudraient répéter des expériences pareilles.

(1) Je dois me joindre ici aux savants de toute l'Europe pour exprimer à M. Rumhkorff ma profonde reconnaissance pour le concours précieux et dévoué dont il est toujours si noblement prodigue.

Il faut d'abord éviter cette objection que le frottement du corps de l'insecte et de ses pattes, lorsqu'il s'agite sur les soudures d'une des faces de la pile thermo-électrique, peut produire l'effet observé. J'ai pris des pinceaux-brosse durs et placés au bout d'un long levier de bois, et j'ai laissé tomber sur la pile à plusieurs reprises les poils raides de la brosse, de manière à produire une friction plus forte que celle que les mouvements intermittents de petits insectes peuvent occasionner, et je n'ai pas obtenu au delà de quelques degrés de déviation de la boussole; cet effet est donc, en grande partie, négligeable devant les fortes déviations qu'on observe.

Quand on veut comparer, tout à fait au même moment, les températures de deux régions d'un même insecte, placé sur du duvet ou du coton, comme on a besoin des deux mains pour opérer, il peut être commode, afin de se passer d'un aide qui tienne l'insecte avec une pince de bois, d'attacher l'animal sur un petit carton avec des fils de soie. On pose le carton sur le duvet, et rien n'est plus facile alors que de piquer au même instant les deux régions avec les aiguilles.

On peut employer des procédés particuliers pour comparer les inégales températures de deux régions, toutes deux à l'extérieur d'un insecte. On prend l'insecte dans une longue pince de bois, en entourant la main de linge pour diminuer son rayonnement et l'on porte sur les soudures noircies d'une des bases de la pile, décoiffée de son fourreau métallique et placée verticalement, tour à tour chaque partie à comparer. On a soin de s'assurer que les mains seules ne donnent pas de déviation. Ou bien on peut se servir du petit appareil que nous nommerons *pince de contact* ou *pile à soudures mobiles*, et que M. Ruhmkorf a bien voulu construire pour nos expériences. Ce sont deux ou plusieurs couples bismuth-antimoine de la pile de Nobili, inversement tournés, avec le même nombre de soudures, de manière à donner un effet différentiel, unis entre eux, et au galvanomètre à la façon des aiguilles thermo-électriques, par de fins fils de cuivre rouge. Deux manches isolants sont adaptés, un à chaque série d'éléments. Les soudures libres sont portées ensemble de manière à

toucher les deux régions à comparer, et l'on examine, d'après le sens de la déviation, de quel côté est l'excès de chaleur libre. A ce propos, je dois faire remarquer que les piles A et B dont je me suis servi étaient en bismuth et antimoine purs, selon les modèles de Nobili ; mais depuis on est parvenu à obtenir des appareils thermo-électriques d'une bien plus grande sensibilité. Ainsi M. Lombard, aux États-Unis, s'est servi de couples (1) constitués par le bismuth d'une part, et, d'autre part, un alliage de 96 antimoine et 53 zinc, constituant un appareil quatre fois plus sensible que celui de Nobili. M. Ruhmkorff possède aujourd'hui des alliages donnant environ trente fois plus de sensibilité que les anciennes piles Nobili, ainsi que l'a constaté M. E. Becquerel (2). Une pince de contact avec de pareils alliages permettrait de constater de la chaleur chez une puce. Les deux soudures sont l'une en bismuth un peu antimonié, l'autre d'un alliage triple d'antimoine, de cadmium et de bismuth. Les soudures mobiles dont je me suis servi étaient formées chacune de deux couples d'alliages donnant une sensibilité environ triple de celle de bismuth et de l'antimoine purs. Cette sensibilité exquise nécessite de grandes précautions expérimentales. Il faut éviter tout courant d'air, se tenir le corps le plus écarté possible, ne toucher absolument avec les doigts que les fourreaux isolants et non les fils rhéophoriques, et placer les deux mains symétriquement, avec le même nombre de doigts étendus, afin de compenser les effets ; les soudures échauffées ne reprennent que lentement la température ambiante, en raison de leur parfaite isolation par la résine.

Un moyen très-facile de s'assurer, dans le courant des expériences au galvanomètre de M. Ruhmkorff, si cet instrument n'a pas perdu de sa sensibilité est le suivant que m'a indiqué son célèbre constructeur. On prend les aiguilles fer-platine, ou, plus simplement, on intercale, à contacts métalliques, un fil de fer dans le circuit de cuivre du galvanomètre. Il faut qu'en serrant

(1) Brown-Séquart, *Archives de physiologie*, n° 4, juillet-août 1868.

(2) E. Becquerel, *Mém. sur les pouvoirs therm. élect. des corps.* (*Ann. du Conserv. des arts et mét.*, 1866.)

une des soudures entre le pouce et l'index, l'autre restant dans l'air, la déviation de la boussole atteigne l'arrêt, à 90 degrés.

Il importait enfin de détruire une objection possible à mes expériences au thermomètre à mercure lorsque l'instrument est employé pour obtenir une différence de température entre l'abdomen et le thorax. C'est l'objection prévue autrefois par Newport pour le frottement externe des anneaux. Quand le réservoir est introduit à l'intérieur des segments d'insectes volumineux et doués, en conséquence, d'une force musculaire notable, ne peut-on pas dire que le mouvement du mercure est produit par une compression mécanique exercée sur le verre du réservoir? On a déjà donné cet argument contre les expériences faites pour prendre la chaleur du corps humain en serrant sous l'aisselle le réservoir du thermomètre. Comme les muscles du thorax des Insectes adultes sont plus puissants que ceux de l'abdomen, l'excès de la première région sur la seconde ne provient-il pas d'une pression plus forte, et dès lors n'y a-t-il pas une illusion complète ou partielle à attribuer les résultats notés à une différence thermique? Une expérience directe bien simple permet de répondre dans ce cas et dans tous les cas analogues, comme introduction dans le rectum chez les petits Vertébrés, etc. J'ai pratiqué à la vrille, dans des morceaux de liége parfaitement à la température ambiante, des trous dans lesquels j'ai introduit le réservoir du thermomètre et où il se trouvait beaucoup plus fortement serré que dans l'intérieur des Insectes, comme le prouvait la grande difficulté à le faire tourner sur lui-même et à l'enfoncer, et l'effet dû à cette compression bien plus forte que dans les expériences a varié de un à deux *dixièmes* de degré; on peut donc négliger la compression beaucoup moindre produite par les Insectes. En outre, souvent on voit le thermomètre monter un peu quand, au lieu de le laisser immobile dans la région où il est introduit, on le retourne sur lui-même afin que tous les points du réservoir soient mis en contact avec toutes les parties chaudes ambiantes. Le frottement ainsi exercé n'est-il pas la cause d'une plus forte élévation de température? En introduisant le réservoir dans de trous étroits dans le liége et en le tournant

sur lui-même de manière à produire un frottement énergique, bien plus fort que celui des expériences, je n'ai jamais obtenu même 1 degré complet d'élévation; d'où je puis admettre que cette cause, avec le frottement bien plus léger qui se produit dans les expériences sur les Insectes, n'amène qu'une erreur de quelques dixièmes de degré.

Outre cette démonstration directe, il faut remarquer que les observations sur la *face externe* des régions, soit avec le réservoir du thermomètre (procédé Newport), soit avec les soudures mobiles de contact, et que les expériences internes avec les aiguilles thermo-électriques, tout à fait d'accord avec les épreuves par introduction du réservoir du thermomètre à mercure, rendaient évidentes des différences réelles de température; mais il importait de préciser à quel degré d'erreur les compressions et frottements sur le réservoir pouvaient conduire.

Pour relever des températures d'Insectes isolés au thermomètre à mercure, on peut employer les instruments construits par M. Alvergniat pour les observations médicales, consistant en un très-petit thermomètre à maximum à index de mercure, fonctionnant dans toute direction de l'instrument. On peut alors opérer en se tenant le corps très-éloigné de l'insecte, et observant, après l'expérience, la position prise par l'index; avec un thermomètre qui oblige à suivre de l'œil la marche du mercure, on peut craindre une erreur par l'influence du corps. L'instrument à index peut rendre de bons services pour les faibles excès.

§ 4.

Expériences sur des Insectes isolés de différents ordres.

Je ne rapporterai aucune des expériences faites sur les Insectes isolés des divers ordres étudiés par Newport, puisque j'ai obtenu des résultats analogues. Il me paraît seulement utile d'indiquer sommairement un choix d'épreuves sur les Insectes dont les auteurs ne se sont pas occupés.

1° *Orthoptères et Dermaptères.* — Dutrochet seul avait soumis à ses expériences quelques gros Orthoptères, et n'avait constaté

que du froid à l'air libre, par suite des causes d'erreur indiquées. Ce sont en réalité des Insectes de faible chaleur propre, mais qui donnent cependant un léger excès de température sur l'air ambiant, soit à l'état adulte, soit aux états de nymphe ou de larve, qui sont dans des conditions vitales parfaitement analogues, ces Insectes n'ayant que des métamorphoses incomplètes.

Gryllus campestris, très-vif, conservé pendant plusieurs jours dans un pot rempli de terre sèche et nourri avec des Chenilles. — 27 mai 1863, temp. extér., 16°,3 ; pile B, dév. init., 21 degrés chaud; poids = 1^{gr},038. — 2 juin 1863, temp. extér., 20°,0; pile A, dév. init., 33 degrés chaud; poids = 1^{gr},020. — 3 juin 1863, temp. extér., 22°,6; pile A, dév. init., 44 degrés chaud ; poids = 1^{gr},033. — 9 juin 1863, temp. extér., 16°,7; pile A, dév. init., 13 degrés chaud; poids = 0^{gr},939. — Le même Insecte donnait 0 degrés au thermomètre différentiel à boules argentées. On voit donc que cet Insecte, qui vole à peine, ne dégage que très-peu de chaleur, bien que très-agile dans ses mouvements.

27 avril 1862, temp. extér., 19°,0. *Gryllotalpa vulgaris* adulte femelle, à sec depuis plusieurs heures hors du terreau ; pile B, dév. init., 38 degrés *chaud;* poids = 2^{gr},191. — 21 octobre 1862, temp. extér., 11°,9. *Gryllotalpa vulgaris*, nymphe, hors du terreau depuis la veille, très-active ; pile B, dév. 46 degres *chaud ;* poids = 1^{gr},375. *Gryllotalpa vulgaris*, larve, avec apparition des premiers rudiments d'ailes, à sec depuis la veille. Pile B, dév. 43 degrés chaud; poids = 0^{gr},820. Ces Insectes, à égalité de masse, sont bien moins chauds que les Hyménoptères et les Lépidoptères.

10 octobre 1862, temp. extér., 17°,5. *Meconoma varia*, femelle ; pile A, dév. 27 degrés chaud ; poids = 0^{gr},112. — Autre sujet : pile A, dév. 3 à 4 degrés chaud ; poids = 0^{gr},126. — Cette espèce est un petit Orthoptère sauteur, assez lent, qu'on rencontre adulte à l'arrière-saison sur les feuilles sèches et les troncs d'arbre.

On trouvera plus loin, à un autre sujet, de nombreuses expériences qui donneront la valeur de la chaleur propre de la grande Sauterelle verte (*Locusta viridissima*).

8 novembre 1862, temp. extér., 10°,8; pile A. *Forficula auricularia*, femelle, dév. 33 degrés chaud; poids = 0^{gr},078. — *Idem*, femelle, dév. 53 degrés chaud; poids = 0^{gr},117. — *Idem*, nymphe, dév. 64 degrés chaud; poids = 0^{gr},093. — *Idem*, nymphe, dév. 43 degrés chaud; poids = 0^{gr},062.

Les valeurs absolues des déviations ont fort peu d'importance, et tiennent à la variabilité des contacts; il n'y a à considérer que la démonstration acquise d'une légère chaleur propre.

Névroptères. — Nous ne connaissons pas d'observations sur la température des Insectes de cet ordre hétérogène, dans lequel se présentent toutes les modifications connues de l'appareil alaire (1). Les plus intéressants à examiner sous ce rapport sont les Libellulides, à cause de l'énergie de leur vol; la forme de leur corps ne permettait pas l'emploi du thermomètre à mercure à l'extérieur (procédé de Newport) ni à l'intérieur; l'appareil thermo-électrique ne donne que des indications très-grossières par l'insuffisance du contact. Heureusement le thermomètre différentiel modifié pouvant contenir l'Insecte en entier dans la boule sans lésion, m'a permis d'établir que ces Insectes occupent un rang élevé sous le rapport de la production de la chaleur, et ne le cèdent qu'aux Hyménoptères, à masse égale, fait en rapport avec la puissance musculaire considérable nécessaire pour donner à leurs ailes leurs rapides et continuelles vibrations. Les Libellulides ont l'inconvénient de s'affaiblir très-vite en captivité et de périr promptement, ce qui restreint les expériences. Des observations ont été faites aussi sur les Perlides et sur les Phryganides, au moyen de la pile thermo-électrique, et, comme on pouvait s'y attendre, la fonction du vol étant peu développée, la chaleur produite est médiocre; elle est toutefois assez notable dans les Phryganides. Je suis porté à supposer que les larves

(1) M. Girard, *Sur diverses expériences relatives à la fonction des ailes chez les Insectes* (*Ann. Soc. entomol. de France*, 1862, p. 153).

aquatiques de ces trois familles ont la température de l'eau ambiante ; les aiguilles thermo-électriques ne sont pas assez sensibles pour indiquer une différence très-faible, si elle existe. Les Panorpides ont une chaleur propre sensible. Les Hémérobes sont d'une trop faible masse pour qu'on puisse obtenir des résultats bien nets, et la délicatesse extrême de leur corps empêche d'opérer un rapprochement suffisant sur les soudures de la pile ; au reste, leur vol des plus faibles dénote une très-minime combustion respiratoire.

Nous n'avons pu faire d'expériences sur les Myrméléons, ni sur les Ascalaphes, insectes assez rares aux environs de Paris ; il serait intéressant de les comparer aux Libellulides, dont les rapproche la forme du corps et la taille. Les Myrméléons n'ont qu'un vol très-médiocre, ainsi que les *Palpares;* les Ascalaphes volent mieux, surtout au soleil. Quant aux Raphidies et aux Mantispes, on ne les rencontre presque jamais aux environs de Paris.

Expériences sur les Libellulides. — 20 septembre 1862. — *Libellula vulgata* (Lin.), femelle, capturée depuis plusieurs heures. Temp. extér., 20°,4 ; thermomètre différentiel, 0°,05 à 0°,005, chaud au bout de plusieurs minutes ; poids, 0^{gr},144.

18 septembre 1862. — *Libellula vulgata*, mâle, capturé depuis plusieurs heures. Temp. extér., 20°,0 ; thermomètre différentiel, 0°,05 chaud ; poids, 0^{gr},145.

19 septembre 1862. — *Æschna mixta* (Latr.) récemment capturée. Temp. extér., 21°,0 ; thermomètre différentiel en quelques secondes, 0°,40 chaud ; au bout d'un tiers de minute, 0°,50 ; au bout de deux minutes, 0°,60 ; puis arrive un moment à 0°,65, l'Insecte frémissant alors des ailes dans la boule, puis retombe à 0°,55, et stationne quelque temps ; poids, 0^{gr},633.

20 septembre 1862. — *Æschna mixta* capturé depuis plusieurs heures. Temp. extér., 21°,0 ; thermomètre différentiel, 0°,55 chaud en quinze secondes environ ; puis 0°,65 au bout d'une minute, puis 0°,70, l'Insecte s'agitant dans

la boule; puis successivement 0°,65, 0°,60, 0°,45; poids, 0gr,513. Le même le lendemain, captif et à jeûn depuis plus de vingt-quatre heures. Temp. extér., 21°,3; thermomètre différentiel en trente secondes environ, 0°,25 chaud; au bout d'une seconde, 0°,30, puis 0°,25; poids, 0gr,440.

21 septembre 1862. — *Æschna maculatissima* (Latr.) récemment pris. Temp. extér., 21°,0; thermomètre différentiel en vingt secondes environ, 0°,70 chaud; au bout d'une minute, 0°,75; au bout de deux minutes, 0°,80, et stationnaire environ une minute; puis léger abaissement; poids, 0gr,827. Les mouvements inspirateurs de l'abdomen sont très-visibles, d'environ soixante par minute. Le même, le lendemain 22 septembre, affaibli, à jeûn. Temp. extér., 20°,8; thermomètre différentiel en trente secondes, 0°,40 chaud; au bout de deux minutes, 0°,50; au bout de trois minutes, 0°,55, et stationnaire plusieurs minutes. Les inspirations sont plus lentes; poids, 0gr,675; perte, 0gr,152 par excrétions diverses.

30 septembre 1863. — *Æschna mixta* très-récemment capturé. Temp. extér., 17°,9; thermomètre différentiel au bout de dix minutes, 0°,85 chaud, puis 0°,755, puis 0°,70; poids, 0gr,524.

1er octobre 1863. — *Æschna mixta* très-récemment capturé. Temp. extér., 16°,5; thermomètre différentiel au bout de six minutes, 0°,95 chaud; une minute après, 1°,0, puis 0°,95; au bout de dix minutes, 0°,90; poids, 0gr,626.

5 octobre 1863. — *Æschna maculatissima* récemment capturé. Temp., 16°,5; thermomètre différentiel au bout de six minutes, 1°,10 chaud, puis 1°,05, puis 0°,85; cinq minutes après, 0°,80; poids, 0gr,888.

30 septembre 1865. — *Æschna maculatissima* (thermomètre différentiel à boules argentées); temp. extér., 23°,4. Au bout de dix minutes, excès, 1°,65 chaud, puis, dix minutes après, 1°,10, et enfin, au bout de cinq minutes, 0°,95, l'Insecte s'endormant peu à peu; poids = 0gr,964.

6 octobre 1865. — *Æschna mixta;* temp. extér., 18°,6. Au bout de vingt minutes, 0°,45 excès chaud; puis, après que

l'Insecte a volé dans la salle, au bout de quinze minutes, 0°,55 chaud : poids = 0^{gr},610.

La place des Libellules est donc assez élevée dans l'échelle calorifique des Insectes ; elles prennent rang après les Hyménoptères et Lépidoptères.

Je dois indiquer quelques expériences sur des Phryganes, Névroptères aquatiques de faible vol ; ils ne vivent que quelques jours à l'état parfait et seulement pour s'accoupler. Leurs organes buccaux imparfaits ne leur permettent pas de prendre de nourriture. L'espèce mise en expérience, la *Phryganea nigricornis*, appartient aux espèces de moyenne taille du genre. On s'est servi de la pile A ; comme ces Phryganes avec leurs longues pattes ne se mettraient pas en contact avec les barreaux, elles étaient ou entourées d'un léger fil, ou enveloppées dans une mince feuille d'étain. Il ne faut opérer, bien entendu, que longtemps après que l'échauffement accidentel causé par cette petite manipulation a disparu.

26 septembre 1861 ; temp. extér., 17°,2. femelle, pleine d'œufs ; dév., 51 degrés chaud ; poids = 0^{gr},093, mâle, dév., 65 degrés chaud ; poids = 0^{gr},045.

27 septembre 1861 ; temp. extér., 17°,4. Trois femelles, de poids 0^{gr},085, 0^{gr},090 et 0^{gr},091, ont donné les déviations 53, 62, 61 degrés chaud ; deux mâles, de poids 0^{gr},015 et 0^{gr},021, les déviations 44 et 60 degrés chaud.

30 septembre 1861 ; temp. extér., 19°,4. Quatre mâles, de poids 0^{gr},025, 0^{gr},020, 0^{gr},027 et 0^{gr},030, ont donné les déviations 55, 49, 63, 49 degrés chaud.

Dans ces expériences, les Insectes étaient entourés d'étain. On trouve un peu plus de chaleur quand ils sont libres ; les pattes seulement repliées par un fil, car la feuille d'étain absorbe un peu. Voici un exemple dans ce dernier cas :

4 octobre 1861 ; temp. extér., 20°,0. Deux mâles, de poids 0^{gr},039 et 0^{gr},038, donnent des déviations 81 et 78 degrés chaud.

6 octobre 1861 ; temp. extér., 20°,2. Une femelle, de poids 0gr,060, donne 73 degrés chaud.

On peut conclure de ces nombres qu'à poids égal, ces Phryganes ont plus de chaleur que des Orthoptères ou certains Coléoptères terrestres. On serait peut-être tenté, eu égard aux poids comparés, de supposer plus de chaleur chez les mâles que chez les femelles; mais il faut remarquer que l'incertitude des contacts ne permet pas de hasarder cette conclusion. Il faudrait ou des différences plus notables, ou l'emploi du thermomètre différentiel à air, sur lequel l'Insecte agit toujours d'une manière identique par son rayonnement total. Les Phryganes sont de trop faible masse et pas assez chaudes pour qu'on puisse s'en servir.

Hémiptères. — Aucune expérience de chaleur animale n'avait encore été faite sur des Hémiptères. J'ai soumis à la pile thermo-électrique quelques espèces du groupe des Hémiptères hétéroptères. Voici certaines des expériences : Parfois l'Insecte était entouré d'une feuille d'étain, quand il était trop actif pour demeurer de lui-même en contact avec les barreaux. On conserve longtemps les Pentatomes qu'on rencontre en automne, et qui sont destinées à hiverner.

Pentatoma sphacelatum (Fabr.). — Pile A. 8 novembre 1861 ; temp. extér., 11°,4 ; dév., 68 degrés chaud ; et 24 décembre 1861, temp. extér., 4°,2 ; dév., 12 degrés chaud; poids = 0gr,034.

Pentatoma baccarum (Latr.). — Mêmes dates et températures. Pile A ; dév., 88 degrés chaud et 4 degrés chaud; poids = 0gr,130.

1er avril 1862; temp. extér., 12°,8. *Pyrrhocoris aptera.* Pile A ; dév., 32 degrés chaud; poids = 0gr,054.

2 avril 1862 ; temp. extér., 13°,2. *Pyrrhocoris aptera.* Pile A ; dév,, 4 degrés chaud; poids = 0gr,047.

4 avril 1862 ; temp. extér., 15°,0. *Naucoris cimicoïdes* (Latr.) touchant les barreaux par le dos. Pile A ; dév., 67 degrés chaud ;

poids $= 0^{gr},101$. Cette espèce, qui appartient aux Hydrocorises, était à sec depuis plusieurs heures avant l'expérience.

Les Hémiptères hétéroptères adultes ou larves doivent offrir une chaleur analogue par l'identité de conformation et de mœurs, l'absence des ailes faisant la différence principale. On voit que ces Insectes qui volent peu ont une chaleur propre médiocrement élevée, et qu'on peut leur assigner un rang analogue à celui de beaucoup de Coléoptères et d'Orthoptères ayant comme eux des téguments épais et une faible locomotion aérienne. Ils se rangent, sous le rapport de la chaleur, notablement après les Hyménoptères, Lépidoptères, Diptères et Névroptères à vol puissant, comme les Libelluliens.

§ 5.

Expériences sur des Myriapodes.

On ne possédait, au sujet de la chaleur des Myriapodes, qu'une indication fort douteuse d'une expérience de J. Davy sur un grand Iule de Ceylan. Les Myriapodes ont été des derniers Articulés non hexapodes réunis aux Insectes. On ne peut méconnaître leurs analogies avec les larves des Insectes, par une sorte d'arrêt de développement. Ils sont munis de trachées tubuleuses comme organes respiratoires. On doit donc s'attendre, ce que l'expérience confirme, à trouver chez eux une température propre de l'ordre de grandeur de celle des larves d'Insectes. Je n'ai pas constaté chez eux de froid superficiel. Il faut remarquer que, bien qu'exclusivement terrestres, certains, du groupe des Scolopendrides ont une locomotion rapide, et que tous présentent des téguments cuirassés peu favorables à l'évaporation. Il me paraît très-probable que leur chaleur est de même degré que celle des larves des Carabiens, Téléphorides, etc. et autres Coléoptères nourris de matières animales, dont les téguments sont de même nature que ceux des Myriapodes.

Je citerai quelques expériences sur les deux grands groupes de la classe, les Iulides et les Scolopendrides.

Iulides.

Expériences sur divers sujets de l'*Iulus terrestris*, avec la pile A. — 9 juin 1863 : temp. extér., 17°,2; dév., 36 degrés chaud; poids = 0gr,320.

10 juin 1863 : temp. extér., 18°,6; dév., 24 degrés chaud; poids, = 0gr, 419.

31 août 1863 : temp. extér., 27°,7; dév., 11 degrés chaud; poids, = 0gr,371.

31 mai 1863 : temp. extér., 20°,9; dév., 41 degrés chaud; poids, = 0gr,474.

Expériences sur divers sujets de l'*Iulus sabulosus*, avec la pile A. — 10 avril 1862 : temp. extér., 13°,8; dév.,74 degrés chaud; poids, = 0gr,133.

15 avril 1862 : temp. extér., 9°,5; dév., 30 degrés chaud; poids, = 0gr,148.

22 avril 1862 : temp. extér., 19°3; déviation, 47 degrés chaud; poids, = 0gr,334.

Scolopendrides (pile A).

C'est surtout avec les Myriapodes de ce groupe qu'il faut placer un diaphragme dans le cône de la pile qui les contient, car ils sont très-agiles et sans cette précaution remontent et cessent promptement de poser sur les barreaux.

27 mars 1862 : temp. extér., 17°,4, *Lithobius forcipatus;* dév., 36 degrés chaud; poids, 0gr,0,55.

29 mars 1862 : temp. extér., 15°,1 ; dév., 27 degrés chaud; poids, = 0gr,040.

14 avril 1862 : temp. extér., 9°,2. Un *Polydesma :* dév., 46 degrés chaud; poids, = 0gr,043.

Autre *Polydesma :* dév., 37 degrés chaud; poids, = 0gr,041.

Expériences sur des *Geophilus*, Myriapodes extrêmement vifs, à pattes très-nombreuses. — 3 avril 1862 : temp. extér., 15°,3.

Geophilus femelle; dév., 76 degrés chaud; poids, = 0^{gr}162. *Geophilus* mâle; dév., 90 degrés chaud (limite); poids, = 0^{gr},076.

13 avril 1862 : temp. extér. non notée. *Geophilus* femelle; dév., 53 degrés chaud; poids non noté.

1er mai 1862 : temp. extér., 21°,2; *Geophilus* mâle; dév., 24 degrés chaud : poids, = 0^{gr},055.

Que peut-on conclure de ces expériences? Si l'on considère la faible masse des Scolopendrides essayés, on peut les regarder comme dégageant un peu plus de chaleur superficielle que les Iulides, ce qui s'accorde tout à fait avec des mouvements locomoteurs plus puissants et des muscles nécessaires pour agir sur les robustes pattes latérales, plus développés que ceux qui mettent en jeu les petites pattes sous-abdominales des Iulides. Il faudrait bien se garder de vouloir tirer des résultats plus particuliers de nos nombres, vu les contacts très-variables de ces Articulés longs et grêles. Il ne m'a pas été possible de tenter des expériences de quelque valeur avec le *Scutiger araneoïdes*, ce bizarre Myriapode des vieilles poutres et boiseries; car ses longues pattes déliées s'opposent au contact avec les barreaux, et, d'autre part, sa masse est trop faible pour que la chaleur que doit dégager son corps puisse agir d'une manière sensible sur le thermomètre différentiel à air, dans le réservoir duquel il serait renfermé.

§ 6.

Expériences sur des Arachnides.

J. Davy, peut-être par erreur, avait trouvé chez un Scorpion un abaissement interne de température ; aucune autre observation n'existait. Les Arachnides respirent à la façon des Insectes, soit par de véritables trachées tubuleuses, soit par de prétendus poumons qui ne sont que des trachées accolées, aplaties et localisées dans des cavités de l'abdomen ; certaines ont à la fois les deux systèmes (*Segestria*). Mes expériences ont porté sur deux espèces de chacun des deux groupes supérieurs de la classe.

1° Scorpionides.

Les expériences ont eu pour sujets plusieurs *Buthus occitanus* qui me furent envoyés les uns d'Alger, les autres de Perpignan, car cette grande espèce africaine a été depuis longtemps introduite et acclimatée sur notre littoral méditerranéen. Je n'ai eu que des femelles.

Pile B. — 15 mai 1862 : temp. extér., 16°,5 ; dév., 66 degrés chaud ; poids, $=2^{gr},207$.

30 mai 1852 : temp. extér., 21°,5 ; dév., 27 degrés chaud ; poids, $=2^{gr},422$.

11 juin 1862 : temp. extér., 19°,3 ; dév., 18 degrés chaud ; poids, $=2^{gr},478$.

26 août 1862 : temp. extér., 22 degrés ; dév., 14 degrés chaud ; poids, $=2^{gr},738$; et, dév., 56 degrés chaud ; poids, $=1^{gr},731$.

18 octobre 1862 temp. extér., 14°,2 ; dév., 3 degrés chaud ; poids, $=2^{gr},350$; et dév., 13 degrés chaud ; poids, $=1^{gr},493$.

Les expériences ont porté sur cinq individus différents ; certains ont servi à plusieurs époques, avec des poids variables. Les Arachnides, en effet, vivent longtemps, et l'on conserve aisément des Scorpions pendant toute la belle saison en leur donnant quelques mouches.

Thermomètre différentiel à boules noircies. — 29 août 1862 : temp. extér., 17 degrés ; excès, 0°,05 chaud, poids, $=1^{gr},682$.

11 juin 1862 : temp. extér., 19°3 ; excès, 0 degrés ; poids, $=2^{gr},478$; le même donnait une dév. de 18 degrés chaud à la pile B.

14 juillet 1862 : temp. extér., 29°,0 ; excès, 0 degrés ; poids, $=2^{gr},758$. — Autre : excès, 0 degrés ; poids, $=1^{gr},395$.

18 octobre 1862 : temp. extér., 14°,2 ; excès, 0 degrés ; poids $=2^{gr}350$. — Autre : excès, 0 degrés ; poids, $1^{gr},493$ (ces deux derniers sujets offraient une très-légère chaleur à la pile B).

On voit donc que ces Scorpions n'ont jamais présenté de

refroidissement superficiel, ce qui doit tenir à la solidité du tégument; leur chaleur a toujours été très-faible, insensible ou à très-peu près au thermomètre de Leslie, malgré une masse assez forte.

2° Aranéides.

Les sujets des expériences ont été surtout des femelles de la grosse Araignée des jardins, qui se retire en hiver dans diverses cavités; c'est l'*Epeira diadema*, offrant plusieurs variations de couleur et de dessin. On s'est servi de la pile B, les contacts ayant lieu par la face dorsale de l'abdomen, les pattes repliées ventralement.

Premier sujet (type). — 12 octobre 1861 : temp. extér., 17°,6; dév., 15 degrés chaud; poids, $=0^{gr},596$.

15 octobre 1861 : temp. extér., 17°,2; dév., 3 degrés chaud; poids, $0^{gr},566$.

23 octobre 1861 : temp. extér., 14°,6 ; dév., 44 degrés chaud; =poids, $0^{gr},522$.

26 octobre 1861 : temp. extér.,. 12°,4; dév., 43 degrés *froid;* poids, $=0^{gr},517$.

30 octobre 1861 : temp. extér., 8°,6 ; dév., 28 degrés *froid*. L'Araignée est alors enveloppée de coton.

31 octobre 1861 : temp. extér., 8°,4. La même (sortant du coton mauvais conducteur), dév., 72 degrés chaud; poids, $=0^{gr},511$.

On voit que l'évaporation avait amené chez cet animal sans nourriture une perte de poids graduelle.

Les expériences continuent le mois suivant.

8 novembre 1861 : temp. extér., 12 degrés; dév., 34 degrés *froid*.

12 novembre 1861 : temp. extér., 10°4; dév., 2 degrés chaud; poids, $=0^{gr},494$.

14 novembre 1861 : temp. extér., 12°,6; dév., 0 degrés.

20 novembre 1861 : temp. extér., 4°,2; dév., 0 degrés.

24 novembre 1861 : temp. extér., 8 degrés; dév., 3 degrés chaud.

25 novembre 1861 : temp. extér., 5°,8; dév., 3 degrés chaud; poids, $=0^{gr},466$.

28 novembre 1861 : temp. extér., 12 degrés; dév., 3 degrés chaud.

7 décembre 1861 : temp. extér., 8°,4; dév., 17 degrés *froid;* poids, $=0^{gr},447$.

Deuxième sujet (variété jaune), très-volumineux, engourdi, immobile. — 26 octobre 1861 : temp. extér., 12°,4; dév., 64 degrés *froid;* poids, $=1^{gr},334$.

30 octobre 1861 : temp. extér., 8°,6 ; dév., 45 degrés *froid.*

31 octobre 1861 (aussitôt après la mort) : temp. extér.: 9°,4; dév., 36 degrés *froid;* poids, $=1^{gr},070$.

L'évaporation avait été considérable.

Les expériences sont reprises l'année suivante sur la même espèce.

13 octobre 1862 : temp. extér., 17°,2; sujet de variété fauve, 0 degrés au thermomètre différentiel et à la pile B; poids, $=1^{gr},247$.

17 octobre 1862 : le même, mêmes résultats; poids, $1^{gr},146$.

Puis viennent trois autres Epéires que nous désignerons par α, β, γ. Pile B.

22 octobre 1862 : temp. extér., 13 degrés. α (très-engourdie), dév., 0 degrés; poids, $=1^{gr},063$. — β (très-engourdie), dév., 4 degrés chaud; poids, $=0^{gr},502$. — γ (non engourdie), dév., 46 degrés chaud; poids, $=0^{gr},578$.

25 octobre 1862 : temp. extér., 11 degrés. β (active, suçant une mouche); dév., 4 degrés chaud; poids, $=0^{gr}.486$. — γ (peu active), dév., 45 degrés chaud; poids, $=0^{gr},562$.

28 octobre 1862 : temp. extér., 11°,4. β (active), dév., 2 degrés chaud ; poids, $=0^{gr},474$.

31 octobre 1862 : temp. extér., 12°,6 β (moins active); dév., 4 degrés chaud ; poids, $=0^{gr}456$.

1^er^ novembre 1862 : β (engourdie); dév., 3 degrés chaud; poids, $=0^{gr},450$.

Deux de ces sujets ont toujours présenté, à très-peu près, la température ambiante; l'autre (γ) était plus chaud. Ces faibles températures se lient à l'approche de l'hivernation.

Je trouve encore à citer pour une autre espèce, à une époque d'activité, la *Tegenaria domestica*.

29 août 1862 : Pile B, dév., 34 degrés chaud; poids, $=0^{gr},403$.

23 septembre 1862 : temp. extér., 19 degrés. — Autre sujet : thermomètre différentiel, $0^{o},05$ chaud; poids, $=0^{gr},547$.

On peut conclure que les Araignées molles à téguments peu consistants, à périodes d'activité très-variables, peuvent se comparer sous le rapport de la chaleur superficielle à des larves rases et offrir, comme celles-ci, de faibles différences, en plus ou en moins, avec l'air ambiant, ou se trouver exactement à sa température.

§ 7.

Chaleur propre de quelques Hyménoptères; influences du bourdonnement et de la contraction musculaire.

On sait que la chaleur animale est dans la dépendance la plus intime de la contraction musculaire; ce sont deux effets connexes de la combustion. Dans un chapitre assez court de son mémoire, Newport a porté son attention (p. 280) sur la grande rapidité avec laquelle la température du corps des Insectes s'élève lorsqu'ils sont animés de mouvements violents, au point que, d'une température sensiblement identique avec celle de l'atmosphère où ils se trouvaient dans les états de sommeil et d'hibernation, ils prennent un excès de plusieurs degrés. Newport n'a fait à ce sujet qu'un petit nombre d'expériences sur de grosses femelles de Bourdons, des espèces ***Bombus terrestris***, *lapidarius*, *muscorum* et *hortorum*. Chacune était mise dans une petite fiole de verre close. Un thermomètre était placé en contact du corps ou parfois à côté, afin de mesurer l'excès de

température de l'air voisin, dû au rayonnement de l'Insecte. Quand les Bourdons étaient fortement excités, Newport obtint au contact des excès de température de 3 à 5 degrés au-dessus de l'air ambiant environ à 20 degrés, et de 1 à 2 degrés pour l'air dans le voisinage. J'ai trouvé des résultats tout à fait analogues et en quelque sorte intermédiaires entre ces deux nombres (ce qui s'explique complétement), au moyen de grosses femelles de Bourdons, chacune introduite dans la boule creusée du thermomètre à air.

Je ne citerai qu'une seule expérience curieuse, en ce qu'elle a eu lieu au printemps de 1863 toujours sur le même Insecte, une femelle de *Bombus terrestris*, toujours très-active et volant vivement. On conserve les Bourdons facilement une quinzaine de jours, dans une petite cage en treillis de toile où ils ont de l'air et de la lumière de toute part, et on les nourrit avec du miel que leur large languette lèche avec avidité. Ils augmentent notablement de poids par cet aliment, et restent très-vifs. L'expérience fut faite avec le thermomètre différentiel à boules noircies :

Dates.	Tempér. extérieure.	Excès maximum.	Poids.
	o	o	gr.
20 avril 1863.	16,1	3,15	0,622
21 —	16,6	3,85	0,729
22 —	16,4	3,05	0,723
23 —	16,4	4,35	0,700
24 —	14,8	3,60	0,793
25 —	15,3	3,95	0,716
27 —	15,4	3,20	0,750
28 —	15,6	2,65	0,699
29 —	13,7	4,55	0,686
30 —	12,4	1,20	0,643

A la dernière épreuve, l'insecte était très-affaibli et est mort le lendemain, ne pesant plus que $0^{gr},589$.

Il est intéressant de remarquer, ce qui n'avait pas échappé à Newport, qu'en automne les Bourdons sont notablement moins chauds qu'au printemps. Ils donnent, dans les mêmes conditions, des excès à peu près moitié moindres. Au printemps, les grosses femelles errent dans les prairies et les bois, cherchant des cavités où elles pourront nidifier, et l'instinct maternel les tient dans une activité incessante ; en automne, elles se prépa-

rent peu à peu, par une décroissance de la combustion respiratoire, à l'engourdissement hibernal.

J'ai trouvé aussi, et cela non-seulement sur les Bourdons, mais sur d'autres Insectes, que la chaleur dégagée est bien plus grande quand ils sont en activité musculaire propre à leur volonté et selon leur instinct, que quand on les irrite par des excitants extérieurs. Ils ne tardent pas, le plus souvent, à retomber dans l'état initial de repos, d'où on a cherché à les tirer.

Parmi les Mellifiques solitaires, j'ai observé des femelles de la *Xylocopa violacea* , qui nidifie dans les vieilles poutres (l'*Abeille charpentier* de Réaumur) ; on les nourrit au miel comme les Bourdons. En automne, elles offrent des excès de température pareils à ceux des femelles de Bourdons sous le même poids. Selon l'état d'activité, c'est-à-dire de contraction musculaire, les excès de température (automnes 1865 et 1866) ont varié environ, dans le thermomètre différentiel à boules d'argent, de 0°,5 à 2°,5, avec des poids de 0^{gr}, 5 0^{gr},6, sous des températures extérieures de 20 à 24 degrés.

Les Frelons (*Vespides*) ont une température superficielle moindre que celle des Bourdons sous le même poids, ce qui doit tenir à l'absence des poils, mauvais conducteurs de la chaleur. Il est difficile de conserver ces Hyménoptères, qui meurent très-vite en captivité. Je rapporte deux expériences relatives à cette espèce :

7 septembre 1862 ; temp. extér., 19°,0. *Vespa crabro* neutre, bourdonnant ; thermomètre différentiel à boules noires, 0°,5 chaud, au bout de deux minutes ; poids = 0^{gr},390.

8 septembre 1862 ; temp. extér., 19°,9. Autre *Vespa crabro* neutre, ne bourdonnant pas ; thermomètre différentiel, 0°,2 chaud ; poids = 0^{gr},495.

Il m'est arrivé un certain nombre de fois de pouvoir reconnaître par expérience que le bourdonnement, avec agitation des ailes et contraction musculaire, s'accompagne nécessairement de chaleur libre dégagée, qui disparaît quand l'Insecte rentre au repos pour recommencer avec l'agitation. Quand on opère

avec le thermomètre différentiel à colonne liquide, on peut suivre toutes les intermittences par le mouvement de l'index thermique dans un sens ou dans l'autre ; exemple :

19 septembre 1866 ; temp. extér., 16°,1. *Xylocopa violacea* femelle, dans la boule argentée. Excès de chaleur de 1°,5, très-rapidement obtenu, le bourdonnement ayant lieu ; puis l'excès augmente très-lentement. L'insecte continue à bourdonner pendant plusieurs minutes; l'excès atteint 2°,45. Le bourdonnement cesse ; aussitôt le liquide descend de plusieurs dixièmes de degrés, et, au bout de trois minutes, le bourdonnement n'ayant pas repris, l'excès n'est que de 1°,7.

22 septembre 1865 ; temp. extér., 22°,7. *Xylocopa violacea* femelle, dans la boule. Elle bourdonne par intervalles, au bout de huit minutes excès, 1°,40 chaud ; l'Insecte rentre au repos, l'excès tombe à 1°,05 ; il y a de nouveau bourdonnement, il remonte à 1°,40, puis stationne à 1°,35 et à 1°,30, dès que cesse le bourdonnement.

23 septembre 1865 ; temp. extér., 21°,2. *Xylocopa violacea* femelle, bourdonnant dans la boule. Excès de chaleur de plus de 1 degré ; elle cesse de bourdonner ; au bout de quinze minutes, il n'est plus que de 0°,5.

20 septembre 1865 ; temp. extér., 24°,8. *Xylocopa violacea* femelle, volant vivement. Elle bourdonne avec force dans la boule pendant trois à quatre minutes ; l'excès monte à 1°,1 chaud. Le bourdonnement cesse ; il tombe à 0°,40 au bout de quinze minutes.

26 septembre 1866 ; temp. extér., 17°,8. *Xylocopa violacea* femelle, très-vive, volant par la chambre. Elle bourdonne sans interruption dans la boule ; l'excès atteint 1°,5, puis redescend à 1 degré, le bourdonnement cessant.

2 octobre 1865 ; temp. extér., 22°,3. *Xylocopa violacea* femelle, active. Elle bourdonne dans la boule, et l'excès, en deux minutes, est de 1 degré chaud. Il s'arrête, l'Insecte cessant de bourdonner. L'Hyménoptère rebourdonne ; l'excès devient 1°,50, puis s'arrête et redescend à 0°,30 au bout de quinze minutes, le bourdonnement ayant cessé.

Les Xylocopes de ces expériences des deux années pesaient, d'un jour à l'autre, de $0^{gr},5$ à $0^{gr},6$, selon le miel qu'elles consommaient.

La même démonstration peut s'obtenir avec la pile thermo-électrique, en renfermant l'Insecte dans le fourreau cylindrique au-dessus des soudures. Le plus souvent, actif quand on l'apporte, il s'engourdit peu à peu, sollicité sans doute à ce repos par le refroidissement que lui cause le contact des barreaux conducteurs. Parfois cependant, par sa propre volonté, il passe par des alternatives de bourdonnement et de calme. Elles se traduisent immédiatement, de la manière la plus fidèle, par les mouvements de l'aiguille du galvanomètre, soit dans un sens, soit dans l'autre. Je citerai seulement deux exemples ; ils ne sont au reste pas très-nombreux. On peut dire que c'est par d'heureux hasards que les Insectes donnent ces démonstrations.

2 avril 1862; temp. extér., 13°,3. *Bombus hortorum*, grosse femelle, prise au repos dans sa cage de toile. Pile B. Déviation initiale, 60 degrés chaud. Puis l'animal prend peu à peu une chaleur croissante, attestée par les déviations stationnaires suivantes, chacune d'environ une demi-minute : 58, 60, 84, 67, 69 degrés. L'Insecte bourdonne avec force, l'aiguille marque 73, 78, 75 à 79 degrés. Il cesse de bourdonner, 73 degrés ; puis bourdonnement, 80 degrés ; cessation, 74 degrés ; bourdonnement, 81 degrés. Il cesse de bourdonner, mais s'agite avec force sur les barreaux ; l'aiguille marque successivement, et pendant plus d'une minute chaque fois, 79, 80, 84, 80 degrés. Quand le Bourdon, qui était nourri au miel depuis huit jours, sort de la pile, il est très-excité, et vole avec force par la chambre. Poids $= 0^{gr},411$.

On voit dans cette expérience l'insecte combattre, et dominer sans cesse, par une production croissante de chaleur liée à la contraction musculaire, l'effet réfrigérant de la masse métallique des barreaux.

7 mai 1862 ; temp. extér., 21°,2. *Bombus terrestris*, grosse femelle, nourrie au miel, très-active. Pile B. Déviation initiale, 90 degrés chaud (limite) ; puis l'aiguille oscille de 76

à 82 degrés et s'arrête à 78 degrés, pendant que l'insecte bourdonne. Elle revient à 73 degrés, et y reste deux à trois minutes, l'insecte ayant cessé de bourdonner. Poids = $0^{gr},853$.

On voit donc, dans ces deux dernières séries d'épreuves, la contraction musculaire conduire absolument au même résultat avec des instruments thermométriques, l'un fondé sur la dilatation, l'autre sur les relations de la chaleur et de l'électricité ; la conclusion acquiert une complète rigueur.

§ 8.

Influence du sexe sur la production de chaleur libre.

On peut dire d'une manière générale que les mâles chez les Insectes ont une taille moindre que les femelles, une forme plus grêle, un abdomen moins volumineux. Leurs organes des sens de distance (vue, ouïe) sont plus développés. Occupés surtout de rechercher les femelles, ils ont un système musculaire obligé à de plus fréquentes contractions : *Mas errans semper venera vagâ prurit*, dit Fabricius. Il était intéressant de rechercher si l'activité musculaire et la forte combustion respiratoire qu'elle exige ne sont pas de nature à compenser chez les mâles, au point de vue du développement de la chaleur, leur masse plus petite que celle des femelles. Il y a certains groupes d'Insectes où l'expérience fait voir, de la manière la plus nette, que non-seulement cette compensation existe, mais que même, avec un poids bien plus petit, il reste chez le mâle un excès de chaleur très-notable, comparativement à la femelle. Cette influence du sexe n'est qu'un cas particulier des effets de la contraction musculaire. Les expériences ne peuvent être bien concluantes qu'à la condition d'opérer sur des espèces, dont les adultes, dans les deux sexes, ne prennent aucune nourriture. Un groupe, très-bien choisi sous ce rapport, est celui des Bombyciens, dont les lourdes femelles sont très-peu agiles, et volent tout au plus à l'entrée de la nuit, tandis que les mâles volent avec impétuosité plusieurs heures de suite, en quête des femelles, dont ils saisissent à d'incroyables distances les émanations odorantes, sans doute au moyen de leurs antennes pectinées ou flabellées.

Deux méthodes très-distinctes, la pile thermo-électrique et le thermomètre différentiel, ont servi à ces recherches faites en diverses années sur des espèces variées. On comprend que les sujets des deux sexes doivent être choisis dans des états analogues d'excitation ou de repos, car on sait combien est grande l'influence de l'activité ou du sommeil sur un Insecte isolé sous le rapport de la chaleur qu'il dégage.

Expériences sur le Liparis dispar. — 11 juillet 1862. Pile B ; temp. extér., 20°,1. Mâle, à ailes coupées, éclos depuis deux jours, non accouplé, très-actif, agitant avec force ses moignons d'ailes, courant rapidement. Déviation initiale, 90 degrés ; poids = 0^{gr},100.— Femelle, à ailes coupées, ayant pondu, s'agitant fortement. Déviation initiale, 58 degrés; poids = 0^{gr},214.

12 juillet 1862; temp. extér., 18°,6. — Mâle, à ailes coupées, sans lésion, maintenu par un léger diaphragme. Dév. init., 58 degrés chaud; poids = 0^{gr},096. — Femelle ayant pondu, à ailes coupées, sans lésion, bien active. Dév. init., 21 degrés chaud ; poids = 0^{gr},134.

14 juillet 1862; temp. extér., 20°,0. — Mâle, à ailes coupées, sans lésions, posé sur la tête. Dév. init., 67 degrés chaud ; poids = 0^{gr},079.

9 juillet 1862. — *Liparis dispar*, femelle, éclose de la veille. Temp. extér., 21°,4. Elle reste complétement engourdie et immobile sur les barreaux, maintenue par un léger diaphragme ; 1 à 2 degrés déviation initiale vers le chaud, puis 0 degré stationnaire. Dans une seconde épreuve, placée la tête sur les barreaux, elle donne 5 degrés déviation initiale chaud, puis 3 degrés stationnaire. Ensuite cette femelle remue les ailes et les pattes ; aussitôt déviation initiale 15 degrés, puis 8 degrés stationnaire pendant deux à trois minutes, l'Insecte continuant à s'agiter pendant tout ce temps. Ainsi, même en agitation, l'Insecte n'a pas donné autant de chaleur que les petits mâles, toujours actifs. Poids = 0^{gr},350.

18 juillet 1862 ; température extérieure, 20°,8. Femelle

n'ayant pas pondu, à ailes conservées, très-engourdie. Déviation initiale, 4 degrés chaud ; poids = 0gr,267. — Autre femelle n'ayant pas pondu, à ailes conservées, très-engourdie. Déviation initiale, 3 degrés chaud ; poids = 0gr,266. — Trois autres femelles très-engourdies ont donné des déviations initiales de 6, 7, 3 degrés chaud, et pesaient 0gr,193, 0gr,202, 0gr,153. — Deux femelles fortement excitées et réveillées ont donné des déviations initiales de 27 et 24 degrés chaud, et pesaient 0gr,249 et 0gr,202.

*Expériences sur l'*Aglia tau. — Ce Bombycien est une des espèces de Papillons qui présentent l'olfaction la plus développée, puisqu'on a vu des mâles libres venir chercher des femelles écloses dans l'intérieur de Paris, et que l'Insecte n'existe au plus près, à l'état de liberté, que dans les forêts de Bondy et de Saint-Germain. La femelle est assez rare, et se prend bien moins aisément que le mâle.

Pile C, 7 avril 1862; température extérieure, 16°,8. — Mâle, déviation initiale, 73 degrés chaud ; poids = 0gr,181. Deuxième expérience, déviation initiale, 80 degrés chaud. — Femelle pondant ; déviation initiale, 38 degrés chaud. Deuxième expérience (8 avril, température extérieure, 16°,0), bien active naturellement, battant des ailes et courant, 84 degrés chaud. Troisième et quatrième expériences, 47 et 52 degrés chaud ; poids = 0gr,559.

Pile B, 22 avril 1862; température extérieure, 18°,7. — Premier mâle, déviations initiales, 76 et 78 degrés chaud ; poids = 0gr,281. — Deuxième mâle, à ailes avortées, en forte excitation naturelle, déviation initiale, 90 degrés chaud, puis oscillation de 81 à 86 degrés, puis, pendant plus de dix minutes, oscillation de 65 à 70 degrés ; poids, 0gr,219.

23 avril 1862; température extérieure, 17°,3. — Le même mâle en excitation naturelle extrême, 90 degrés init. chaud, puis oscillation de 64 à 75 degrés. — Troisième mâle, très-excité naturellement et volant par la salle, 90 degrés init. chaud, puis oscillation de 65 à 78 degrés ; poids = 0gr,196. La veille,

cet Insecte engourdi n'avait donné que 36 degrés init. chaud. — Le premier mâle, pesant 0gr,281, en excitation naturelle, 90 degrés init. chaud, puis oscillation de 80 à 84 degrés.

En 1863, des expériences sont reprises sur la même espèce :

Pile B, 22 avril 1863; temp. extér., 16°,9. — *Aglia tau* mâle, volant, très-vif, 98 degrés dév. init., chaud, oscille de 64 à 66 degrés, puis 57 degrés stationnaires chaud une à deux minutes; poids = 0gr,210.

20 avril 1863. — *Aglia tau* mâle, très-vif et volant. Temp. extér., 15°,6; dév. init., 80 degrés chaud; oscillation de 70 à 73 degrés, puis abaissement très-lent; poids = 0gr,185.

Même date. Temp. extér., 16°,0. — *Aglia tau* mâle, très-vif. Déviation initiale, 90 degrés init. chaud, puis refroidissement lent, et 65 degrés stationnaires plusieurs secondes; poids = 0gr, 218.

Une femelle d'*Aglia tau*, de poids environ triple, offrait bien moins de chaleur (note égarée pour les chiffres).

Quelques expériences avec la pile thermo-électrique ont eu pour objet le petit Paon de nuit, autre Bombycien :

9 avril 1863. Pile B. — *Attacus carpini* mâle, venant d'éclore, bien vivace, peu actif. Temp. extér., 14°,3; dév. init., 66 degrés chaud, puis oscillation de 54 à 59 degrés, l'Insecte agitant légèrement les ailes. Poids = 0gr,310.

Attacus carpini femelle, venant d'éclore en même temps que le mâle précédent, vivace, peu active. Dév. init., 53 degrés chaud, puis oscillation de 38 à 46 degrés; poids = 0gr,999.

L'effet est donc des mieux constatés; la femelle de masse trois fois plus forte que le mâle, et dans les mêmes conditions que lui en toute manière, atteint à peine la même température.

11 avril 1863; température extérieure, 16°,0. — *Attacus carpini* mâle, à demi-actif, voletant. Dév. init., 53 degrés chaud; oscillation de 48 à 50 degrés; puis stationnaire, 57 degrés chaud environ une minute. — Autre épreuve :

l'Insecte plus actif, volant. Dév. init., 64 degrés chaud, puis stationnaire à 60 degrés environ une minute ; poids = 0gr,252.

Les mêmes conséquences se retrouvent avec un appareil tout différent, le thermomètre de Leslie modifié.

Thermomètre à boules noires. — 12 juillet 1862. Temp. extér., 18°,9. — *Liparis dispar* mâle, en excitation naturelle énergique, volant rapidement par la chambre, s'agitant violemment dans la boule. Au bout de deux minutes, 0°,30 excès chaud ; poids = 0gr,076. — Même résultat, une demi-heure après ; refroidissement dès que l'Insecte cesse de s'agiter.

13 juillet 1862 ; temp. extér., 19°,8. — *Liparis dispar* mâle, excitation naturelle. En quatre minutes, 0°,30 chaud, puis 0°,35 deux minutes après ; poids = 0gr,089.

3 août 1863 ; temp. extér, 23°,5. — *Liparis dispar* mâle, très-vif ; 0°,05 chaud ; poids = 0gr,082. L'excès, bien plus faible que pour les autres, s'explique pour un animal d'aussi petite masse par une température ambiante plus élevée.

17 juillet 1862 ; temp. extér., 20°,6. — *Liparis dispar* femelle, à peine 0°,025 chaud au bout de quatre minutes, et stationnaire ; poids = 0gr,267.

23 juillet 1862 ; temp. extér., 21°,4. — *Liparis dispar* femelle, immobile, n'ayant pas pondu ; 0 degrés excès ; poids = 0gr,202. C'est à peine si le même sujet donnait quelques degrés de déviation à la pile B.

L'expérience comparative suivante porte sur la plus grosse espèce d'Europe du groupe des Sésiides. Les adultes ne vivent que quelques jours sans prendre de nourriture ; la femelle reste immobile sur le tronc des Peupliers, et le mâle vole à sa recherche.

4 juin 1863 ; temp. extér., 22°,0. — *Sesia apiformis* mâle, très-vif, volant et bourdonnant dans la boule. En dix minutes, 0°,45 excès chaud, puis 0°,50, 0°,60, 0°,55 ; poids = 0gr,228.

5 juin 1863 ; temp. extér., 19°,7. — *Sesia apiformis*

femelle, beaucoup plus calme que le mâle, de 0°,20 à 0°,40 excès chaud ; poids = 0^{gr},532.

Thermomètre à boules argentées. — C'est un Bombycien qui est le sujet de ces expériences, le *Minime à bandes*, papillon fort commun, même dans les jardins de Paris, et dont le mâle parcourt nos bois, pendant toute l'après-midi, d'un vol rapide et saccadé, en quête de la femelle cachée sous les buissons, et qui ne vole un peu que le matin.

16 juillet 1868, quatre heures du soir ; temp. extér., 25°,4, — *Bombyx quercûs* mâle, volant vivement, excité par le voisinage de la femelle ; au bout de quinze minutes, excès 0°,50 chaud ; poids = 0^{gr},165.

Bombyx quercûs mâle, excité par le voisinage de la femelle ; au bout de dix minutes, excès 0°,55 chaud ; poids = 0^{gr},344.

Ces mâles ont été pris dans une maison de la rue du Cherche-Midi au moyen d'une femelle captive dont l'odeur les attirait ; ils provenaient des arbres du boulevard situé à 200 ou 300 mètres.

Bombyx quercûs femelle, sujet actif, non fécondé, commençant à pondre, agitant ses ailes sur place, et remuant dans la boule. Au bout de douze minutes, excès 0°,35 chaud ; poids = 0^{gr},900.

On voit, par ces derniers exemples, quelle est l'influence de la contraction musculaire, et combien les excès de température sont peu en rapport avec les masses.

§ 9.

Température superficielle des Larves rases.

Nous avons à exposer un certain nombre d'expériences faites sur des chenilles rases, d'espèces variées et à des températures diverses. Les chenilles poilues ne se prêtent guère aux épreuves où il s'agit de constater la température de la surface cutanée et l'influence de l'évaporation par ses pores, car les poils s'opposent au contact des barreaux. Je choisis surtout dans mes notes nombreuses les exemples où se sont présentés des froids superficiels.

Dans toutes les expériences, je ne rapporterai que la déviation initiale due au premier contact. En effet, les nombres suivants ont moins d'importance; la chenille peut se déplacer sur les barreaux et ne plus offrir les mêmes contacts qu'au début; en outre, en raison de la masse de la pile et du partage calorifique, on comprend que toujours la chenille doit revenir, peu à peu et plus ou moins lentement, à la température ambiante qui est celle des barreaux, soit en se réchauffant, soit en se refroidissant.

2 septembre 1861 : temp. extér., 25°,5. Chenille de *Pieris brassicæ,* restant immobile, le milieu du corps roulé sur les barreaux. Pile A : dév., 53 degrés *froid;* poids non noté. — Autre de même espèce, mobile et active, attaquée par les larves du *Microgaster glomerator;* dév. de 40 à 70 degrés *froid*, selon le contact plus ou moins complet de la région ventrale et sans poils des anneaux ; poids non noté. — Chenille arpenteuse d'*Amphidasis betularia*, à moitié taille, immobile comme un bâton sur ses pattes anales ; dév. 57 degrés *froid ;* poids non noté.

30 juin 1863 : temp. extér., 19°,8. Chenille de *Papilio machaon*, prête à se chrysalider, immobile. Pile B : dév., 26 degrés chaud ; poids, $=1^{gr},950$.

7 juillet 1863 : temp. extér., 24°,5. Chenille d'*Hadena oleracea*, prête à se chrysalider, à demi enfoncée dans la terre sèche, molle, immobile, vidée d'excréments. Pile B : dév., 18 degrés *froid;* poids, $=0^{gr},600$.

24 avril 1862 : temp. extér., 16 degrés. Chenille de *Triphœna fimbria,* à demi endormie, peu active. Pile C : dév., 7 degrés *froid ;* puis, réveillée et marchant vivement après la pesée, 50 degrés chaud.

27 avril 1862 : temp. extér., 19 degrés. La même chenille très-endormie. Pile C : dév., 51 degrés *froid;* poids, $=1^{gr},047$.

24 mars 1862 : temp. extér., 11°,9. Chenille de *Phlogophora meticulosa*, endormie. Pile B : dév., 44 degrés *froid ;* poids, $=1^{gr},090$.

27 avril 1863 : temp. extér., 15°,4. Chenille de *Triphœna fimbria,* tout à fait immobile, à demi terrée pour se chrysalider.

Pile B : le dos portant sur les soudures ; dév., 20 degrés *froid ;* poids $= 1^{gr},452$.

12 octobre 1862 : temp. extér., 17°,5. Chenille de *Satyrus ægeria*, prête à se transformer, ne mangeant pas, peu active. Pile A : dév., 18 degrés chaud; poids, $= 0^{gr},95$; la chenille s'est chrysalidée le lendemain.

21 mars 1863 : temp. extér., 9°,2. Chenille de *Triphœna pronuba*, très-endormie. Pile B : dév., 43 degrés chaud ; poids, $= 1^{gr},237$.

23 mars 1863 : La même chenille endormie, dév., 37 degrés chaud ; poids, $= 1^{gr},172$. Elle a perdu en deux jours, par évaporation, $0^{gr},031$.

23 mars 1863 : temp. extér., 9 degrés. Chenille de *Noctua triangulum*, endormie. Pile B : dév., 33 degrés chaud ; poids, $= 0^{gr},700$.

24 mars 1863 : temp. extér., 10°,3. Autre chenille de *Noctua triangulum*, très-engourdie, à demi terrée, prête à se chrysalider. Pile B : dév., 8 degrés *froid ;* poids, $= 0^{gr},661$.

7 juillet 1863 : temp. extér., 24°,7. Chenille de *Papilio machaon*, prête à se chrysalider, déjà attachée par la queue et s'étant entourée de sa ceinture de soie, immobile, à demi repliée. Pile B : dév., 68 degrés chaud ; poids, $= 1^{gr},134$.

22 novembre 1861 : temp. extér., 7°,2. Chenille de *Phlogophora meticulosa*, engourdie. Pile B : dév., 23 degrés *froid ;* poids non noté.

29 octobre 1861 : temp. extér., 7°,2. Chenille d'*Hadena chenopodii*, enroulée sur les barreaux. Pile A : dév., 14 degrés chaud ; poids non noté. — Autre chenille de même espèce. Pile A : dév., 44 degrés *froid ;* poids non noté.

8 janvier 1862 : temp. extér., 4°,8. Chenille d'*Hadena oleracea*, assez vive et ayant mangé. Pile B : dév., 26 degrés chaud ; poids non noté.

3 janvier 1862 : temp. extér., 1°,9. Jeune chenille de même espèce engourdie et enroulée. Pile B : dév., 33 degrés chaud ; poids, $= 0^{gr},361$.

1er janvier 1862 : temp. extér., 2 degrés. Jeune chenille de

Noctua oleracea, engourdie. Pile B : dév., 28 degrés chaud; poids non noté. — Autre chenille, bien plus grosse, même espèce, couchée en rond sur les barreaux, dév., 0 degrés. — Enfin, jeune chenille de même espèce, très-immobile, dév., 16 degrés *froid*; poids non notés.

Diverses expériences sur des chenilles de poids non notés de *Phlogophora meticulosa*.—16 novembre 1861 : temp. ext., 8°,8. Pile B ; dév. 4 degrés chaud.

19 novembre 1861 : autre, temp. extér., 6°, ; dév., 24 degrés *froid*.

20 novembre 1861 : temp. extér., 4°,4 — Autre, immobile, engourdie, dév., 85 degrés chaud ; autre, immobile, engourdie, dév., 19 degrés chaud. Ces deux dernières chenilles, fort inégalement chaudes, étaient prises au même moment, à côté l'une de l'autre sur la terre sèche.

J'ai quelques exemples, rares il est vrai, où le refroidissement superficiel a été assez intense pour être mesuré au thermomètre différentiel à air. Ainsi :

11 septembre 1862 : temp. extér., 19°,8. Chenille de *Smerinthus populi*, au dernier âge, très-endormie. Au bout de 4 minutes, 0°,20 *froid*, et stationne plusieurs minutes; poids, $=3^{gr},985$.

15 septembre 1862 : temp. extér., 22°,0. Chenille de *Smerinthus populi*, immobile mais se retournant brusquement si on la touche; au bout de 3 minutes, 0°,15 *froid* et stationne; poids, $=3^{gr},882$.

Nous arrêterons là des citations qui seraient toujours analogues dans un grand nombre d'autres exemples. On peut remarquer que j'ai pris des chenilles de Lépidoptères, diurnes ou nocturnes, à divers degrés de développement; que diverses saisons et des températures hautes, moyennes, basses, sont représentées. Les trois piles thermo-électriques ont servi à constater des résultats pareils. On peut conclure des observations que les chenilles bien actives sont superficiellement un peu au-dessus de l'air ambiant. Dans les cas d'inactivité, rien de plus varié; tantôt

elles sont plus chaudes, tantôt plus froides et pour des températures extérieures très-diverses. Ces différences tiennent à des intermittences dans le travail d'organisation interne des tissus, alors que se préparent, soit les mues, soit la nymphose. Les chrysalides présentent absolument les mêmes faits, en les prenant dans les mêmes conditions d'exposition à l'air libre, qu'elles soient nues naturellement ou retirées de cocons.

Le thermomètre ordinaire dont se servait Newport, dans ses expériences sur les larves, est trop peu sensible pour accuser les légers refroidissements superficiels que nous venons de mentionner. Il conserverait dans ces cas l'indication de la température ambiante. En outre Newport, pour forcer les chenilles à s'étendre sur le thermomètre et les y maintenir, les réveille, les excite, ce qui doit provoquer une légère élévation de chaleur. Au contraire, placées sur les barreaux dans le cylindre qui protége la pile thermométrique, elles y sont libres de toute agitation et demeurent dans leur état naturel de sommeil ou d'activité.

Il existe un groupe d'Hyménoptères, les Tenthrédiniens, qui présentent des larves fort analogues d'aspect aux chenilles des Papillons, vivant comme elles de feuilles de végétaux, nommées *fausses-chenilles* par les naturalistes, parce qu'elles ont le plus souvent un plus grand nombre de pattes que les chenilles, parfois un nombre moindre ; beaucoup s'entourent d'un cocon pour la nymphose. Il était naturel de supposer que ces larves rases, d'une organisation pareille à celle des chenilles rases, se comporteraient de même pour la température superficielle. C'est ce que l'expérience a confirmé. Je me bornerai à deux exemples :

16 novembre 1861 : temp. extér., 9°,4. Petite larve d'une *Tenthredo*, très-vive. Pile A : dév., 31 degrés chaud ; poids, $=0^{gr},060$.

14 octobre 1861 : temp. extér., 18°,4. Larve d'un *Cimbex* vivant sur le bouleau, engourdie et roulée en boule. Pile B : dév., 8 degrés *froid*.

15 octobre 1861 : temp. extér., 16°,6. La même larve réveillée. Pile A : déviation 38 degrés chaud ; poids, $=0^{gr},986$.

Je ne rapporterai pas en détail les expériences sur les vers à

soie du mûrier au point de vue de la chaleur superficielle, faites surtout dans les étés de 1862 et 1863. J'ai trouvé plusieurs fois, lorsque les vers ne mangent plus et sont prêts à changer de peau, celle-ci étant alors très-froncée sur la tête, ou très-sensiblement la température ambiante ou du froid superficiel.

Quelques fortes larves de Coléoptères, à peau mince, m'ont donné des résultats analogues à ceux des chenilles rases, c'est-à-dire tantôt du chaud, tantôt du froid à la surface.

2 août 1862 : temp. extér., 23°,2. Larve d'*Oryctes nasicornis*, hors du terreau depuis quatre heures, très-sèche. Therm. différ. à boules noircies, 0°,08 chaud en 4 minutes, et, à la pile B, dév., 60 degrés chaud; poids, $4^{gr},768$. — Deuxième larve de même espèce, également très-sèche; therm. différ., 0°,05 chaud en 5 minutes; poids, $=2^{gr},377$.

1er août 1862 : temp. extér., 22°,2. Larve d'*Oryctes nasicornis*, retirée depuis deux heures d'un terreau très-humide. Pile B : dév., 20 degrés *froid;* poids, $=4^{gr},768$.— Autre larve dans les mêmes conditions. Pile B : dév., 80 degrés *froid;* poids, $=2^{gr},377$. Le contact était très-complet, la larve couchée en demi-cercle sur les barreaux.

5 août 1862 : temp. extér., 23°,1. Larve d'*Oryctes nasicornis,* au moment même où on la sort d'un terreau humide, mais non mouillé; therm. différ., 0°,40, *froid* au bout de 5 minutes. Pile B : dév., 55 degrés *froid;* poids, $=1^{gr},929$. Autre larve, mêmes conditions; therm. différ., 0°,55 *froid* au bout de 5 minutes. Pile B : dév., 78 degrés *froid;* poids, $=1^{gr},591$.

5 septembre 1862 : temp. extér., 17°,5. Larve d'*Oryctes nasicornis*, immédiatement retirée d'un terreau sec; therm. différ., 0°,05, *froid* au bout de 2 minutes; poids, $=2^{gr},792$.

12 août 1862 : temp. extér., 18°,2. Larve de *Dytiscus marginalis*, retirée de l'eau depuis 4 heures; therm. différ., 0°,4 *froid* au bout de 3 minutes; poids, $=0^{gr},761$.

13 août 1862 : temp. extér., 17°,9. La même larve très-sèche, hors de l'eau depuis 26 heures, était au thermomètre différentiel, très-sensiblement à la température ambiante.

Pour ces larves, l'eau qui peut rester à la surface de leur peau, en raison de leurs conditions d'existence, doit influer sur la température superficielle.

§ 10.

Températures externe et interne comparées des Chenilles.

On a depuis longtemps reconnu chez les animaux supérieurs que les diverses parties du corps n'ont pas exactement la même température. Les extrémités les plus éloignées des régions centrales sont à la température la moins élevée et même peuvent présenter accidentellement des abaissements considérables, produire par leur contact des sensations de froid plus ou moins intense, être frappées même de congélation. En général, sauf des cas pathologiques, la température va croissant à mesure que de la peau on pénètre dans l'intérieur de l'animal. Les expériences de J. Davy sur les agneaux établissent des différences de température allant, suivant les régions, de 36 à 42 degrés environ; elles constatent aussi un maximum au diaphragme, la température du tronc allant en croissant des deux extrémités vers cette partie (1).

C'est au point où confluent les veines sous-hépatiques et la veine cave que se trouve le lieu le plus chaud de l'économie; c'est là que M. Claude Bernard a reconnu que le sang atteint son maximum de température (2).

Tous les résultats obtenus établissent une concordance parfaite entre les dégagements thermiques et les combustions respiratoires, et les différences s'expliquent par le refroidissement dû au rayonnement, au contact de l'air ambiant, à l'évaporation cutanée, par les différences de conductibilité des divers tissus, enfin par des afflux variables de sang hématosé. Nous devons rappeler surtout, par leur rapport avec des faits nouveaux que nous ferons connaître, les intéressantes mais trop peu nombreuses expériences de MM. Becquerel et Breschet sur la tem-

(1) *Bibliothèque britan.*, 1845, t. LX, p. 115.
(2) Gavarret, *op. cit.*, p. 110.

pérature des muscles, plus élevée d'environ un degré et demi que celle du tissu cellulaire adjacent, et ce fait capital que la température d'un muscle en contraction est plus forte d'environ un degré que celle du muscle homologue en repos (1). En rapprochant ce résultat de celui qu'établit M. de Quatrefages (2) que chez les animaux phosphorescents la lueur est activée par tous les agents qui déterminent les contractions musculaires, et que les scintillations les accompagnent directement, il est impossible de ne pas supposer que la combustion qui accompagne la contraction musculaire ne soit la cause commune de la force mécanique, de la chaleur libre et de la phosphorence, quand cette dernière existe.

On n'a pas jusqu'à présent cherché si des faits analogues, comme il est naturel de le supposer, existent chez les animaux invertébrés. Un certain nombre de nos expériences peuvent combler cette lacune de la science au sujet des Insectes. Nos recherches ont porté sur deux points : constater dans quel rapport la chaleur diminue des parties superficielles aux régions profondes; examiner si certains segments ou réunions de segments offrent des inégalités thermiques, et si elles se rattachent à des différences correspondantes dans l'activité de la combustion respiratoire des divers organes.

L'étude comparative de la température de la surface et de l'intérieur sur le même Insecte a été faite comme il suit. Pour obtenir la première indication, l'insecte était placé dans la boule creuse du thermomètre différentiel et la seconde était donnée par le thermomètre à mercure introduit dans le gros intestin. On comprend, dès lors, que les observations ont dû être limitées à un très-petit nombre d'espèces de la plus grande taille et ont porté presque exclusivement sur des larves à intestin développé. Nous allons exposer les principales expériences. Parfois le poids considérable des chenilles a empêché de les placer dans la mince

(1) *Ann. des sc. nat.*, 2e série, Zool., 1835, t. III et IV, et Becquerel, *Traité d'électr. et de magn.*

(2) *Ann. de sc. nat.*, Zool., 3e série, 1850, t. XIV, p. 226.

boule de verre du thermomètre différentiel, de crainte de rupture.

19 août 1862 : temp. extér., 19°,2. Chenille d'*Attacus piri*, prête à filer, dans la somnolence précédant la sixième mue. Le thermomètre à mercure dans le rectum pendant 20 minutes a marqué un excès de température de 0°,1 à 0°,2 à peine, et a stationné à 0°,2 pendant 15 minutes. Poids de la chenille = 11^{gr},428. La chenille était saisie dans des pinces de bois, et une fois l'introduction du réservoir opérée, est restée parfaitement immobile, posée sur un amas non conducteur de duvet de cygne. Le mince réservoir avait 3 centimètres de long et était entièrement caché dans l'intestin de la chenille ainsi que 4 centimètres de tige, en tout 7 centimètres. La chenille n'a éprouvé aucune lésion, et aucun écoulement de liquide n'a eu lieu sur la tige de l'instrument. Il est une preuve excellente pour ces fortes chenilles que l'introduction du réservoir du thermomètre dans le gros intestin ne produit pas de lésion, c'est de remarquer que leurs excréments, en cylindres cannelés sur les arêtes, moulés sur les bandes saillantes internes du rectum, sont de diamètre notablement supérieur à celui du réservoir cylindrique du thermomètre.

30 août 1862 : temp. extér., 19 degrés. Chenille d'*Attacus piri*, prête à filer ; poids = 10^{gr},993. Réservoir du thermomètre maintenu dans le rectum pendant 20 minutes ; la température s'élève d'abord de 0°,6, puis de 0°,4 et garde cet excès pendant 1 minute environ, puis n'a plus que 0°,2 d'excès pendant 2 à 3 minutes. La chenille demeure immobile sur le duvet de cygne, le réservoir entièrement caché dans l'intestin ; l'insecte a été tenu dans des pinces de bois pour l'introduction, puis laissé libre, portant le thermomètre à l'intérieur. Elle a fait quelques mouvements qui n'ont pas fait varier le thermomètre, car la température a décru graduellement pendant l'expérience. Aucun écoulement de liquide n'a eu lieu sur l'instrument. Le lendemain, la chenille filait son cocon, ce qui prouve bien l'absence de lésion. Poids = 10^{gr},993.

1er septembre 1862 : temp. extér., 19°,4. Chenille d'*Atta-*

cus piri, prête à filer. Le thermomètre a été introduit dans le rectum avec les précautions d'usage. Presque aussitôt il a marqué un excès de 0°,8 et a stationné à cette température pendant plus de 10 minutes. Puis elle se met en marche et entraîne l'instrument qui, aussitôt, remonte encore de 0°,2, ou en tout donne 1 degré d'excès. Aucun écoulement de liquide n'a lieu ni pendant l'introduction ni après. Le thermomètre retiré et essuyé ne tarde pas à redescendre à 19°,4. Quelques heures après, une seconde expérience est faite sur la même chenille avec les mêmes précautions. La température extérieure étant 19°,2, le thermomètre s'éleva presque immédiatement de 1 degré et se maintint à cet excès 4 à 5 minutes, la chenille s'agitant pendant tout ce temps et marchant avec vivacité. Poids $=11^{gr},114$.

17 septembre 1862 : Chenille de *Smerinthus populi*, prête à se chrysalider, terrée profondément, retirée et s'étant mise à marcher vivement depuis plus d'une heure. Temp. extér. : 20°,2. — Dans la boule du thermomètre différentiel argenté, excès de 0°,1 chaud en 1/2 minute, puis refroidissement et stationnement à 0°,05 chaud. Puis elle est tenue à la pince de bois sur le duvet et le thermomètre de mercure est introduit à plusieurs reprises dans le rectum. Il s'élève aussitôt de 20°,2 à 21 degrés et y stationne, ce qui donne un excès au-dessus de la température du dehors de 0°,08 et de 0°,07 environ au moins sur celle de la surface du corps. Cette chenille n'a éprouvé aucune lésion, car, après l'expérience, elle s'est terrée de nouveau et chrysalidée. Poids, $=3^{gr},275$.

15 octobre 1862 : temp. extér., 19°,2. *Ver à soie du mûrier*, ne mangeant plus, prêt à filer (éducation d'automne). Le thermomètre dans le rectum est resté très-sensiblement à la température ambiante. Poids $= 2^{gr},930$.

15 octobre 1862 : temp. extér., 19°,7. Chenille d'*Attacus cynthia vera*, de poids $3^{gr},248$. Le thermomètre dans le gros intestin monte à 20°,6 et stationne environ 10 minutes, le réservoir étant plongé en entier et le commencement de la tige. — Chenille d'*Attacus arrindia*, de poids $3^{gr},246$. Le thermomètre monte à l'intérieur de 20 à 21 degrés.

16 octobre 1862 : temp. extér., 18°,3. Autre chenille d'*Attacus arrindia*, mangeant, de poids, 2gr,748. A l'intérieur, 18°,8. — Autre, de même espèce, prête à filer, mangeant, de poids, 3gr,325. Le thermomètre à l'intérieur s'élève de 18°,2 à 18°,8 et stationne 10 miuutes.

11 juillet 1863 : Chenille de *Sericaria mori*, commençant à filer, très-sensiblement à la température ambiante à l'extérieur (thermomètre différentiel). Le thermomètre dans l'intestin monte de 23 degrés à 23°,9, puis 23°,7; poids, = 2gr,488. — Autre ver à soie du mûrier, commençant son cocon, donnant 13 degrés *froid* à la pile B. Le thermomètre intérieur reste sensiblement à 24°,3 température de l'air. Poids, = 2gr,696.

30 août 1863 : temp. extér., 20°,6. Chenille de *Papilio machaon* prête à se chrysalider. Placée dans la boule du thermomètre différentiel argenté, 0 degré, stationne pendant 5 minutes, puis 0°,20 chaud, puis 0°,15, puis 0°,25 et chaque fois environ pendant 5 minutes. Mise ensuite sur le duvet, le thermomètre à mercure s'est élevé dans le rectum de 20°,6 à 21°3, puis 21°,1, le réservoir étant presque entièrement enfoncé. Il y a donc un excès interne d'environ 0°,6 sur la température extérieure et 0°,4 sur celle de la surface du corps. Poids, =1gr,568.

11 septembre 1864 : temp. extér., 22 degrés. Chenille de *Papilio machaon* prête à se chrysalider. Le thermomètre à mercure introduit dans le gros intestin sans aucune lésion, pendant 5 à 6 minutes, reste à la température ambiante. La chenille s'est chrysalidée le lendemain. Poids, =1gr,126.

27 septembre 1862 : temp. extér., 19 degrés. Chenille de *Papilio machaon* prête à se chrysalider. Le thermomètre à mercure introduit dans le rectum s'est élevé à peine de 19 degrés à 19°,1 et a stationné 5 à 6 minutes. Enfoncé un peu plus et tourné sur lui-même, il est monté à 19°,8, puis à 20 degrés, puis est retombé à 19°,8. Pendant ces manœuvres la chenille fait sortir vivement ses tentacules céphaliques en Y et répand l'odeur forte et désagréable de fenouil qui la caractérise. Elle se détache ensuite d'elle-même du thermomètre, sans lésion, sans répandre aucune goutte de liquide. Poids =1gr.502.

25 août 1866 : temp. extér., 25°,5. Chenille de *Deilephila elpenor*, prête à se chrysalider, ne mangeant pas au repos, se vidant de ses excréments. Le thermomètre introduit dans le rectum *baisse* de 25°,5 à 24°,5 et stationne environ 1 à 2 minutes; enfoncé un peu plus, il remonte à 24°,8; poids $=6^{gr},040$.

22 juillet 1864 : temp. extér., 24°,4. Chenille d'*Attacus cynthia vera* (ver à soie de l'ailante), prête à filer, ramassée, immobile. Le thermomètre à mercure s'est élevé dans le rectum de 24°,4 à 24°,8, puis, en tournant l'instrument et l'enfonçant davantage, à 25 degrés, puis 24°,9 et stationne plusieurs minutes. Poids $=4^{gr},186$.

15 juillet 1864 : temp. extér., 22°,8. Chenille de *Sericaria mori* (ver à soie du mûrier), au cinquième âge. Le thermomètre à mercure dans le rectum a d'abord indiqué un léger abaissement 22°,6, puis s'est élevé à 22°,8, puis à 23 degrés, puis à 23°,3, et a stationné à chaque fois de 1 à 2 minutes. Poids $=2^{gr},074$.

17 juillet 1864 : temp. extér., 25°,4. Chenille de *Sericaria mori*, au cinquième âge, prête à filer. Le thermomètre à mercure dans le rectum marque un léger abaissement de 25°,4 à 25°,1, puis 25°,2 et stationne plusieurs minutes. Poids $=1^{gr},702$.

Ces expériences montrent que des chenilles rases, lorsque la température extérieure est élevée et les larves prêtes à se transformer, peuvent parvenir un peu au-dessous de la température ambiante, non-seulement à la surface, mais à l'intérieur.

23 octobre 1862 : temp. extér., 12°,5. Chenille de *Bombyx rubi*. Placée dans la boule du thermomètre différentiel argentée, elle donne 0°,025 chaud stat., c'est-à-dire très-sensiblement la température ambiante.

25 octobre 1862 : temp. extér., 11°,3. La même chenille est mise sur le duvet et le thermomètre à mercure enfoncé profondément dans le gros intestin. Il monte de 11°,3 à 14°,4 et stationne environ 1/2 minute, puis stationne à 14 degrés, puis à 13°,8, 13°,5, à 13 degrés, à 12°,8. Cette chenille a été prise au

milieu de son sommeil diurne, n'ayant pas mangé depuis environ 8 heures, roulée en anneau. Elle a rendu du liquide par la bouche, a été mouillée et a dû se refroidir par évaporation, ce qui peut expliquer l'abaissement graduel. Poids = 3gr,502.

26 octobre 1862 : temp. extér., 11°4. Chenille de *Bombyx rubi* bien active, donnant 0°,05 chaud au thermomètre différentiel. Le thermomètre, dans l'intestin, s'élève à 13°,6, le réservoir étant entièrement caché, puis 13°,2 et 13°,1. Poids, = 1gr,746.

2 novembre 1862 : Autre chenille de *Bombyx rubi*. Le thermomètre interne monte de 13°,3 à 14°,1 et stationne. Poids = 1gr,7.

28 octobre 1862 : temp. extér. : 11°,4. Chenille de *Bombyx rubi*. Placée dans la boule du thermomètre différentiel argentée, elle marque 0°,1 chaud stat. Sur le duvet le thermomètre à mercure, entièrement enfoncé dans l'intestin, monte de 11°,4 à 12°,8, puis 12°,5 et stationne plusieurs minutes, puis 12°,4. Poids = 3gr,013.

20 septembre 1863 : temp. extér., 19°,8, Chenille de *Bombyx rubi*. Dans la boule du thermomètre différentiel argentée au bout de 10 minutes, 0°,25 chaud stat. Sur le duvet le thermomètre, dans l'intestin, monte de 19°,8 à 20°,6 et stationne. Poids = 4gr,223.

2 novembre 1863 : temp. extér., 10°,4. Chenille de *Bombyx rubi*. sensiblement à la température ambiante au thermomètre différentiel. Le thermomètre à mercure, dans le rectum, s'élève d'abord à 10°,8 pendant environ 1 minute, puis reste à 10°,5 ; la chenille est immobile et enroulée autant que possible. Poids = 2gr,677.

2 octobre 1864 : temp. extér., 17°,0. Chenille de *Bombyx rubi*. L'enroulement en anneau rend l'expérience assez difficile. Le thermomètre introduit dans le rectum, le réservoir tourné plusieurs fois, s'élève de 17 degrés à 17°,4 et stationne pendant 5 minutes. Poids = 4gr,653.

Les expériences sur les chenilles de cette espèce ont montré toujours, bien qu'à degrés variables, de notables excès de l'intérieur du corps sur le dehors ; cela doit tenir à ce que ces che-

nilles sont couvertes de longs poils serrés et doivent, par suite, perdre moins de chaleur par évaporation que des chenilles rases ou simplement épineuses. En outre, elles étaient éloignées de la morphose qui n'a lieu dans cette espèce qu'au début du printemps, de sorte qu'elles passent l'hiver à l'état de chenille.

§ 11.

Températures superficielles des chrysalides.

Je rapporte dans ce chapitre des exemples choisis d'expériences faites sur des chrysalides ou nues naturellement (Papillons diurnes, quelques Noctuelles et Arpenteuses), ou retirées depuis longtemps de cocons soyeux ou de coques terreuses (Chalinoptères (Blanch.) ou Hétérocères (Boisd.), anciens Crépusculaires et Nocturnes). Je laisse de côté le cas où les chrysalides sont immédiatement sorties des cocons ou coques, cas qui doit être examiné à part. Je citerai certaines épreuves successives avec la même chrysalide, en les accompagnant de la démonstration par la balance de la perte de poids par évaporation qui se produit d'une manière continue chez les chrysalides, depuis la nymphe jusqu'à l'éclosion de l'adulte. Cette démonstration est tout à fait rigoureuse, puisque les chrysalides ne mangent pas et ne rendent pas d'excréments. La peau épaisse et dure des chrysalides conduit mal la chaleur; en outre, leur rigidité empêche de les faire porter sur les barreaux par un aussi grand nombre de points que les Chenilles. Le thermomètre à mercure ou le thermomètre différentiel de Leslie ne sont, pour ces raisons, pas assez sensibles. On ne peut recourir qu'aux soudures bismuth-antimoine pour apprécier nettement des chaleurs superficielles, et leur sens par rapport à la température ambiante.

31 août 1861 : temp. extér., 24°,2. Chrysalide de *Vanessa Io*, de huit jours environ. Pile A : dév., 31 degrés chaud; poids $= 0^{gr},425$. — Chrysalide de *Pieris rapæ*, récente. Pile A : dév., 29 degrés chaud; poids $= 0^{gr},318$ (1). Les contacts sont

(1) Comme précédemment pour les Chenilles rases, je ne relève que la première déviation observée au galvanomètre, car la chrysalide revient ensuite, peu à peu, à la température ambiante de l'instrument par effet de masse.

très-imparfaits avec ces deux chrysalides nues, vu les pointes dont leurs anneaux sont munis. — Chrysalide d'*Attacus cynthia*, retirée du cocon depuis longtemps, n'ayant avec les barreaux (pile A) qu'un seul contact par la tête. Dév., 29 degrés chaud; poids = 1gr,855.

24 août 1861 : temp. extér., 20°,0. Chrysalide de *Bombyx quercûs*, placée depuis quinze jours sur la terre sèche. Pile A : dév., 35 degrés *froid ;* poids = 1gr,172. — Seconde chrysalide de même espèce dans les mêmes conditions. Même pile : dév., 46 degrés *froid ;* poids = 0gr,992.

6 mai 1862 : temp. extér., 22°,6 Chrysalide de *Sphinx ligustri*, touchant les barreaux par la tête. Pile B : dév., 21 degrés *froid ;* poids = 2gr,461.

14 mai 1862 : temp. extér., 16°,3. La même chrysalide en contact par la tête avec la pile B : dév., 17 degrés *froid ;* poids = 2gr,144 ; perte en huit jours, 0gr,317.

9 avril 1862 : temp. extér., 15°,4. Chrysalide d'*Arctia mendica*, venant de se former, encore blanche et molle, sans cocon sensible. Pile A : dév., 16 degrés chaud ; poids = 0gr,178.

16 avril 1862 : temp. extér., 9°,8. La même chrysalide, noircie et dure. Pile A : dév., 47 degrés chaud ; poids = 0gr,155 ; perte, 0gr,023.

15 avril 1862 : temp. extér., 9°6. Chrysalide toute récente, ayant encore la peau de la Chenille, de *Noctua rhomboïdea*, formée sans coque d'aucune sorte sur la terre nue, très-mobile, portant par la tête sur les barreaux. Pile A : dév., 3 degrés chaud.

16 avril 1862, la même, sur la tête : dév., 14 degrés chaud ; poids = 0gr,441. Elle était donc très-sensiblement à la température ambiante.

29 mai 1862 : temp. extér., 21°,8. Chrysalide de *Sphinx ligustri*, posée sur la tête en contact des barreaux. Pile B : dév., 14 degrés *froid ;* poids = 1gr,574.

14 mars 1863 : temp. extér., 8°,3. Chrysalide d'*Hadena brassicæ*, retirée de la terre sèche, très-vivace, remuant l'abdomen. Pile A : dév., 31 degrés *froid ;* poids = 0gr,506.

16 mai 1863 : temp. extér., 19°,0. Chrysalide de *Chelonia villica*, sur la terre sèche, bien vivace. Pile B : dév., 27 degrés *froid ;* poids = 0gr,488.

6 mai 1863 : temp. extér., 17°,2. Chrysalide de *Triphœna fimbria*, formée de la veille, exposée à l'air sous des feuilles fraîches non mouillées. Pile B ; dév., 35 degrés *froid ;* poids = 0gr,697. Elle est placée ensuite à l'air libre, sans feuilles au-dessus, sur la terre sèche. — 8 mai 1863 : temp. extér., 17 degrés. Pile B : dév., 0 degré ; poids = 0gr,685; perte, 0gr,012. — 16 mai 1863 : temp. extér., 19 degrés. Pile B : dév., 0 degré ; poids = 0gr,660 ; perte, 0gr,037.

7 mai 1863 : temp. extér., 17°,6. Chrysalide de *Chelonia villica*, formée depuis quelques heures, sous des feuilles fraîches, non mouillées. Pile B : dév., 16 degrés *froid ;* poids = 0gr,563. Elle est ensuite placée à l'air libre sur la terre sèche. — 9 mai 1863 : temp. extér., 16°,8. La même chrysalide bien vivace. Pile B : dév., 11 degrés *froid ;* poids = 0gr,552 ; perte, 0gr,011.

23 mai 1862 : temp. extér., 15°,7. Chrysalide de *Triphœna fimbria*, sur la terre sèche. Pile B : dév., 22 degrés *froid ;* poids = 0gr,610. — 13 juin 1863 : temp. extér., 15°,2. La même chrysalide, à l'air libre, sur la terre sèche depuis longtemps. Pile B : dév., 6 degrés chaud ; poids = 0gr,400 ; perte, 0gr,210.

4 juillet 1863 : temp. extér., 21°,8. Chrysalide de *Papilio machaon*, très-réc nte, formée depuis quelques heures, molle et très-mobile. Pile B : dév., 41 degrés chaud ; poids = 1gr,137. — Même jour : temp. extér., 22°,3. Autre chrysalide de même espèce, formée depuis trois jours et durcie. Pile B : dév., 4 degrés chaud ; poids = 1gr,068. Cette chrysalide, plus ancienne, est donc très-sensiblement à la température ambiante.

30 juin 1862 : temp. extér., 17°,8. Chrysalide de *Noctua xanthographa*, bien vivace, d'environ huit jours. Pile A : dév., 44 degrés chaud ; poids = 0gr,192. — 29 juillet 1862 : temp. extér., 24 degrés. La même chrysalide. Pile A : dév., 4 degrés chaud ; poids = 0gr,179 ; perte, 0gr,013. Le 5 août 1862 est éclose une femelle ne pesant plus que 0gr,102.

29 mai 1862 : temp. extér., 21°,8. Chrysalide d'*Amphidasis*

betularia (Phalénide), bien vivante et remuant. Pile A : dév., 33 degrés *froid ;* poids = 0^{gr},281. Le 7 juin 1862 est sorti un mâle ne pesant plus que 0^{gr},084.

29 mai 1862 : temp. extér., 21°,6. Chrysalide de *Papilio machaon*. Pile A : dév., 47 degrés *froid ;* poids = 0^{gr},829.

17 mai 1863 : temp. extér., 18°,5. Chrysalide nue de *Leuconea cratægi* (diurne), remuant beaucoup. Pile B : dév., 2 degrés chaud ; poids = 0^{gr},467. Elle est donc très-sensiblement à la température ambiante.

3 septembre 1861 : temp. extér., 25°,2. Très-grosse chrysalide, mise à nu depuis longtemps, d'*Attacus cynthia*, la tête sur les barreaux. Pile B : dév., 38 degrés *froid ;* poids non noté.

16 septembre 1861 : temp. extér., 16°,6. Chrysalide récente de *Smerinthus ocellatus* sur la terre sèche, la tête sur les barreaux. Pile B : dév., 52 degrés *froid ;* poids = 1^{gr},484.

2 septembre 1861. Série de sept chrysalides de *Pieris rapæ*, placées sur la même planche à côté les unes des autres, formées depuis dix à douze jours. Temp. extér., 26°,4. Pile A : dév., 0 degré (0^{gr},339), 0 degré (0^{gr},358), 4 degrés *froid* (0^{gr},340), 0 degré (0^{gr},295), 9 degrés *froid* (0^{gr},296), 4 degrés *froid* (0^{gr},284), 1 degré *froid* (0^{gr},216). Toutes ces chrysalides étaient très-sensiblement à la température extérieure.

De ces expériences sur toutes les familles de Lépidoptères semble résulter que le froid superficiel est surtout en raison de l'élévation de la température du dehors. En outre, comme pour les Chenilles, les intermittences du développement interne amènent des effets opposés pour la chaleur superficielle. La chrysalide des Papillons est une espèce de second œuf. D'abord, quand elle est récente, elle paraît remplie d'une pulpe laiteuse indistincte ; c'est peu à peu, et avec des intervalles de repos, comme dans les développements embryonnaires, que s'organisent ensuite les parties de l'adulte. Une évaporation graduelle s'opère à travers les téguments.

On se tromperait, pour les chrysalides comme pour les Chenilles rases, si l'on croyait que les basses températures de l'air

doivent toujours les obliger à maintenir un certain excès calorique ; c'est bien ce qui a lieu le plus souvent, mais cependant il se présente encore des cas de refroidissement. On ne saurait trop, en fait d'expériences, se prémunir contre les idées préconçues, même les plus probables. Les prévisions sont souvent démenties : ainsi je trouve, par exemple, en hiver un excès de chaleur pour les chrysalides suivantes :

Papilio machaon, sur la tête. Pile A : dév., 38 degrés chaud à 5°,2. — *Acronycta aceris*, hors du cocon depuis longtemps, remuant fortement (0^{gr},198). Pile A : dév., 43 degrés chaud à 7 degrés. — Au contraire : *Sphinx ligustri*, la tête seule touchant les barreaux (4^{gr},778). Pile A : dév., 16 degrés *froid* à 6°,5.

Il y a quelquefois des chrysalides qui sont exactement à la température ambiante. Il faut avoir soin, pour que ce résultat soit bien certain, de s'assurer si elles vivent et remuent. Des chrysalides sèches depuis longtemps seraient à la température externe, à la façon d'un corps inerte ; si elles sont mortes récemment, elles peuvent donner un peu de chaleur par les réactions chimiques de la putréfaction. Je puis citer les exemples suivants, où l'aiguille du galvanomètre est restée exactement à 0 degré :

15 mars 1862 : temp. extér., 12°,6. *Phlogophora meticulosa*. Pile A : poids = 0^{gr},552. — *Biston hirtarius* (Phalénide). Pile A : poids 0^{gr},297.

Il peut arriver que la même chrysalide se maintienne à la température ambiante à diverses époques de son développement, et avec des poids décroissants. Ainsi :

Hadena brassicæ : 3 janvier 1863 ; temp. extér., 7°,1 ; poids = 0^{gr},520. — *Idem :* 22 janvier 1863 ; temp. extér., 9°,6 ; poids = 0^{gr},517. — *Idem :* 7 février 1863 ; temp. extér., 12°,1 ; poids = 0^{gr},513. Pile A.

Hadena brassicæ : 4 novembre 1862 ; temp. extér., 12°,2 ;

poids = $0^{gr},541$. — *Idem :* 15 novembre 1862; temp. extér., $10°,1$; poids = $0^{gr},530$. Pile B.

Toutes ces expériences sont choisies de manière à montrer la diversité des cas qui se présentent, et qu'expliquent les intermittences de l'évolution.

§ 12.

Étude thermique des chrysalides enveloppées, au moment où on les retire des cocons soyeux, ou des coques terreuses.

Les refroidissements superficiels, inconnus aux auteurs des recherches précédentes, m'ont amené à penser que, si beaucoup de chrysalides se recouvrent d'enveloppes protectrices formées de matières conduisant peu la chaleur, c'est afin de se soustraire le plus possible aux effets fâcheux de l'abaissement de température par évaporation. Les chrysalides naturellement nues ont des téguments plus épais; la majeure partie des chrysalides des Lépidoptères hétérocères sont au contraire entourées ou de cocons complétement soyeux, plus ou moins incrustés d'une matière gommeuse, ou de fils de soie rassemblant dans leurs mailles des débris de feuilles et de terre sèche, ou enfin de coques formées de grains de terre agglutinés par une bave visqueuse. Il faut bien remarquer que le danger dont le cocon tend à préserver les chrysalides, c'est le refroidissement au-dessous de la température ambiante et non le refroidissement absolu. En effet, les chrysalides supportent très-bien le froid qui survient graduellement. On en trouve en hiver qui sont congelées et cassantes, et reviennent toutefois à la vie active et à l'éclosion de l'adulte, si elles sont soumises ensuite à un refroidissement lent et graduel ; c'est le fait général de beaucoup d'animaux hibernants.

Une évaporation trop rapide amène la mort des chrysalides qui se dessèchent; le cocon diminue cet effet, sans s'opposer toutefois à l'évaporation dans la limite nécessaire à la formation des organes de l'adulte. En effet, on sait que les sériciculteurs se hâtent de vendre les cocons aussitôt le déramage, car chaque

jour de retard amène une perte de poids qui diminue leur bénéfice.

Les nombreuses expériences, dont je rapporterai seulement les principales, me paraissent démontrer complétement le rôle des enveloppes nymphales. *Toujours* j'ai observé qu'au moment même où les chrysalides sont retirées des cocons ou coques, elles sont *au-dessus* de la température ambiante ; puis, si on les laisse exposées à l'air, elles peuvent descendre *au-dessous*, d'autant plus, en général, que l'air est plus chaud et la perte de poids plus rapide.

Le Ver à soie (*Sericaria mori*), dont le cocon, fermé de toute part, est le plus épais qui existe, devait tout d'abord appeler mon attention. Rien de plus net que les résultats fournis par cette utile espèce. Je n'indique toujours, pour la raison connue, que les déviations initiales.

12 juillet 1862 : temp. extér., 19 degrés. Chrysalide mâle retirée d'un cocon blanc (race Bourg-Argental, Ardèche), posée sur la tête. Pile B : dév., 38 degrés chaud; poids $= 1^{gr},728$. — 18 juillet 1862 : temp. ext., 21°,5. La même chrysalide, sur la tête. Pile B : dév., 0 degré ; poids $= 1^{gr},627$; perte $= 0^{gr},101$.

12 juillet 1862 : temp. ext., 19 degrés. Chrysalide femelle (même race), retirée du cocon, sur la tête. Pile B : 38 degrés chaud ; poids $= 1^{gr},586$. — 18 juillet 1862 : temp. ext., 21°,5. La même chrysalide, sur la tête. Pile B : dév., 0 degré ; poids, $= 1^{gr},487$; perte $= 0^{gr},099$.

18 juillet 1862 : temp. ext., 21°,6. Chrysalide femelle retirée du cocon (race milanaise blanche), en travers sur les barreaux. Pile B : dév., 38 degrés chaud ; poids, $0^{gr},904$. — 22 juillet 1862; temp. ext., 20°,8. La même, en travers sur les barreaux. Pile B : dév., 4 degrés chaud; poids $= 0^{gr},878$; perte, $0^{gr},026$. — 24 juillet 1862 : temp. ext., 22°,3. La même, en travers sur les barreaux. Pile B : dév., 2 degrés chaud ; poids $= 0^{gr},858$; perte nouvelle, $0^{gr},020$. — 26 juillet 1862 : temp. ext., 25°,2. La même, en travers sur les barreaux. Pile B : dév. 37 degrés *froid ;* poids $= 0^{gr},835$; perte nouvelle, $0^{gr},023$. — Le

28 juillet 1861, cette chrysalide a produit une femelle du poids de 0gr,507, ne pesant plus le 29, après la ponte, que 0gr,393.

13 juillet 1862: temp. ext., 18°,8. Chrysalide femelle, de race jaune (Ardèche), retirée du cocon, posée sur la tête. Pile B : dév., 42 degrés chaud; poids = 2gr,248. — 17 juillet 1862 : temp. ext., 20°,3. La même, sur la tête. Pile B: dév.; 0 degré ; poids = 2gr,173; perte, 0gr,075. — 22 juillet 1862 : temp. ext., 20°,8. La même, sur la tête. Pile B : dév., 2 degrés chaud ; poids = 1gr,998; perte nouvelle, 0gr,175. — 24 juillet 1862 ; temp. ext., 22°,6. Pile B : dév., 0 degré; poids = 1gr,887; perte nouvelle, 0gr,111. — Le 26 juillet est éclose une femelle pesant 1gr,522.

13 juillet 1862 : temp. ext., 18°,8. Chrysalide mâle, de race jaune (Ardèche), au moment où on la retire du cocon, la tête sur les barreaux. Pile B : dév., 47 degrés chaud; poids = 1gr,556. — 17 juillet 1862 : temp. ext. 19°,2. Même chrysalide, sur la tête. Pile B : dév., 14 degrés *froid;* poids = 1gr,491; perte, 0gr,065.

D'autres espèces, indigènes pour la plupart, nous offrent des résultats aussi concluants.

29 juin 1862 : temp. ext., 18°,1. Chrysalide d'*Odonestis potatoria*, déjà assez ancienne au moment où on la retire du cocon. Pile B : dév., 81 degrés chaud; poids = 0gr,805. — La même, au thermomètre différentiel à boules noires, 0°,15 chaud. Ce résultat est important par sa grandeur.

19 juin 1862 : temp. ext., 16°,2. Chrysalide femelle de *Bombyx neustria* (la Livrée), retirée immédiatement d'un mince cocon, placée sur la tête. Pile A : dév., 17 degrés chaud; poids = 0gr,347. — 26 juin 1862 : temp. ext., 19°,7. La même, sur la tête. Pile A : dev., 0 degré ; poids, 0gr,337; perte, 0gr,010.

19 juin 1862 : temp. ext., 16°,2. Chrysalide mâle de *Bombyx neustria*, très-vive. Pile A : dév., 37 degrés chaud; poids 0gr,198. — 26 juin 1862 : temp. ext., 19°,7. La même, sur la tête. Pile A : dév., 3 degrés chaud ; poids = 0gr,117; perte, 0gr,081. — Ces deux chrysalides étaient formées depuis deux ou trois semaines.

2 septembre 1862 : temp. ext., 19°,2. Chrysalide de *Cucullia scrophulariæ*, en terre depuis près de deux mois, retirée d'une coque terreuse et soyeuse, sur la tête. Pile A : dév., 60 degrés chaud ; poids = 0^{gr},302.

2 septembre 1862 : temp. ext., 19°,2. Chrysalide de *Xylina vetusta*, retirée d'une coque terreuse où elle était depuis trois mois environ, la tête sur les barreaux. Pile A : dév., 45 degrés chaud ; poids = 0^{gr},663.

30 octobre 1861 : temp. ext., 8 degrés. Chrysalide de *Bombyx quercûs*, sortant d'une boîte close où elle était entourée de coton, de sorte qu'elle était encore plus soustraite à l'évaporation que dans le cocon papyracé naturel à cette espèce, placée sur la tête. Pile A : dév., 90 degrés chaud ; poids = 0^{gr},904. — 31 octobre 1861 : temp. ext., 9°,6. La même chrysalide, conservée à nu sur la terre sèche, placée sur la tête. Pile A : dév., 24 degrés *froid* (poids non noté).

14 avril 1866 : temp. ext., 13°,5. Chrysalide d'*Attacus pyri*, femelle, au moment même où on la retire du cocon, la tête sur les barreaux. Pile B : dév., 24 degrés chaud ; poids = 6^{gr},238. — 18 avril 1866 : temp. ext., 15°,2. La même, la tête sur les barreaux. Pile B : dév., 22 degrés chaud ; poids = 6^{gr},215 ; perte, 0^{gr},023. — 25 avril 1866 : temp. ext., 15°,3. La même, la tête sur les barreaux Pile B : dév., 12 degrés *froid ;* poids = 6^{gr},102 ; perte, 0^{gr},136.

14 avril 1866 : temp. ext., 13°,5. Chrysalide d'*Attacus pyri*, mâle, la tête sur les barreaux, au moment même où on la retire du cocon, prête à éclore (le mâle est sorti le 16). Pile B : dév., 41 degrés chaud ; poids = 4^{gr}019.

21 avril 1866 : temp. ext., 15 degrés. Autre chrysalide mâle d'*Attacus pyri*, au moment où on la retire du cocon, la tête sur les barreaux. Pile B : dév., 21 degrés chaud ; poids = 4^{gr},323.

30 octobre 1861 : temp. ext., 8 degrés. Chrysalide de *Bombyx quercûs*, sortant d'un épais lit de coton où elle était placée depuis vingt quatre heures. Pile A : dév., 85 degrés chaud ; poids = 1^{gr},005.

31 octobre 1861 : temp. ext., 9°,6. La même, à nu, placée sur la tête. Pile A : dév., 30 degrés *froid* (poids non noté).

Ces deux expériences, où les chrysalides ont été entourées d'enveloppes artificielles non conductrices, montrent bien que le rôle des cocons est de retenir et d'accumuler dans l'air qui entoure la chrysalide les petites quantités de chaleur incessamment dégagées.

L'expérience suivante porte sur trois chrysalides de la même espèce, prises le même jour, à la même température, dans des conditions différentes. Elles appartiennent à l'*Acronycta aceris*.

2 décembre 1862 : temp. ext., 10 degrés. Pile A : la première (0^{gr},211) et la seconde (0^{gr},208) retirées du cocon depuis longtemps, posées en travers sur les barreaux, donnent toutes deux une déviation de 0 degré; la troisième (0^{gr},234), retirée au moment même de son cocon soyeux et placée pareillement, donne une déviation de 32 degrés chaud.

Les enveloppes non conductrices peuvent encore servir à protéger des larves subissant leur dernière mue ou métamorphose nymphale. Dans ce cas, en effet, elles ne mangent plus et ont besoin d'être soustraites le plus possible à l'évaporation et au froid qui en résulte.

26 octobre 1861 : temp. ext., 13°,2. Chenille d'*Attacus arrindia*, retirée immédiatement de son cocon soyeux, posée la tête sur les barreaux. Pile A : dév., 90 degrés chaud (limite) ; poids avec le cocon, 1^{gr},372.

6 mars 1862 : temp. ext., 6°,5. Larve d'un *Cimbex* vivant sur le bouleau, retirée d'un cocon de soie d'un jaune clair et gommé où elle se trouve non transformée depuis l'automne précédent (le fait se constate chez beaucoup de larves d'Hyménoptères de la tribu des Tenthrédiniens). Pile A : dév., 38 degrés chaud; poids = 0^{gr},547.

Mêmes jour et température. Larve très-molle d'un Diptère parasite, contenue dans la peau desséchée d'une chenille d'*Orgya pudibunda*, contenue elle-même dans du coton. Pile A : dév., 88 degrés chaud; poids = 0^{gr},087. On voit donc combien

cette larve, malgré son faible poids, est restée chaude, en raison de la mauvaise conductibilité des deux substances qui la protégent.

Je bornerai là des citations toujours analogues.

§ 13.

Différences de température selon les régions du corps des Insectes.

Une autre série de nos recherches, sur la distribution calorique, a pour objet d'établir s'il y a des différences dans la chaleur dégagée par les divers segments.

Il résulte d'abord d'un nombre considérable d'observations sur des Chenilles rases en contact avec les barreaux de la pile thermo-électrique, que les déviations de l'aiguille aimantée sont en raison du nombre d'anneaux qui portent sur les soudures; les déviations les plus fortes sont obtenues quand la Chenille couchée en rond touche les soudures par tous ses segments, et on voit l'aiguille se rapprocher du zéro à mesure que la Chenille changeant de position et se redressant n'applique plus sur la pile qu'un nombre restreint de segmemts. Une déviation nouvelle se produit quand, l'animal retombant sur les soudures, une plus grande quantité de segments agissent. Le fait se constate aussi bien quand la Chenille dégage de la chaleur que quand la surface de son corps est abaissée au-dessous de la température ambiante; rien de plus général. Nous avons déjà cité assez d'expériences à la pile, pour que de nouveaux nombres soient ici nécessaires; le mieux, pour ces expériences, est de prendre des Chenilles rases se roulant en anneau quand on les a inquiétées. Elles portent alors sur les barreaux par tous les segments; puis, quand elles se redressent contre la paroi du cône protecteur, la déviation diminue à mesure que portent moins de segments.

La conclusion est facile. Puisque la variation thermique est, en raison du nombre de segments en rapport avec les soudures, la chaleur se répartit également dans les diverses zoonites, ou du moins les différences sont inappréciables aux instruments de

mesure les plus délicats. Rien de plus naturel à concevoir. Chez les Chenilles, la tête exceptée, les masses musculaires et le système trachéen sont à peu près également répartis dans les segments; les ganglions nerveux, plus ou moins soudés, s'y distribuent deux par anneau; l'homologie de la fonction calorigène suit l'homologie des organes.

Dans les adultes, au contraire, les zoonites se sont groupées en trois centres: tête, thorax, abdomen. Laissons de côté la tête, dont je n'ai pas mesuré isolément la température (cela se pourrait toutefois avec les aiguilles sur de très-gros insectes). A l'abdomen, des trachées nombreuses, de vastes ampoules aériennes, réservoirs de comburant en réserve chez les bons voiliers, des muscles médiocres, puisque les anneaux n'ont pas d'appendices, sauf le dernier où l'armure génitale forme un système appendiculaire très-restreint. En outre des ganglions nerveux isolés. Au thorax, au contraire, sont des muscles d'une très-grande puissance pour les pattes et surtout pour les ailes et une coalescence nerveuse considérable. Il peut donc se présenter entre ces deux centres, chez les grands voiliers, une différence considérable dans la combustion musculaire et par suite il y a lieu de rechercher s'il n'y a pas de différence appréciable entre ces deux régions dans le dégagement de la chaleur libre.

Une méthode d'expérience, s'appliquant aux températures internes, nous a permis d'arriver sur quelques espèces d'Insectes à un résultat très-probablement général et très-marqué chez les bons voiliers. L'Insecte étant placé au milieu d'une masse de duvet et tenu par une pince de bois, par suite à l'abri des échauffements par rayonnement et par conductibilité, on enfonce d'abord le réservoir d'un très-petit thermomètre à mercure dans l'abdomen, à partir de l'extrémité anale légèrement incisée et on observe la température stationnaire à laquelle parvient l'instrument dont on tourne délicatement le réservoir sur lui-même. Puis, par un léger effort, on fait pénétrer celui-ci dans le thorax, et rien de plus facile à constater que cette pénétration, à cause de la résistance un peu plus forte opposée par les apodèmes d'attache des muscles thoraciques comparée à la

mollesse de toutes les parties de l'abdomen. On est aussitôt frappé d'une augmentation considérable de température acquise en moins d'une seconde, le mercure de l'instrument est lancé subitement; la chaleur forme *comme un foyer* dans le thorax. Elle est due à la combustion musculaire, bien plus considérable dans le thorax que dans l'abdomen chez les Insectes qui volent. Je ne sais si aucune classe du règne animal présente une démonstration plus frappante de la relation intime qui existe entre la chaleur animale et la contraction musculaire; l'abdomen, inerte et pendant lors du vol, semble abandonné par la chaleur en même temps que par la force, et ces deux modes d'effet de la même cause, la combustion musculaire, se concentrent à la fois dans ce thorax si puissamment occupé à la fonction. En outre, la mauvaise conductibilité des téguments et la faiblesse de la circulation doivent contribuer à maintenir la différence thermique. La concentration des ganglions nerveux en un gros ganglion thoracique, est aussi en rapport naturel avec la grandeur des appendices insérés, la contraction musculaire nécessaire pour les mettre en mouvement et le dégagement de chaleur libre qui l'accompagne. Rien de plus net, de plus tranché.

Je n'ai pas besoin de faire remarquer que le procédé, occasionnant à l'Insecte de graves lésions, ne donne pas les températures normales absolues, mais le point capital, c'est-à-dire la différence de température, n'en demeure pas moins établi.

Les Insectes ne subissent pas d'incision longitudinale comme dans les expériences de John Davy, dans certaines expériences de Newport, dans l'observation de M. Breyer. Le thermomètre est toujours entièrement contenu dans le corps de l'Insecte, à l'abri de tout rayonnement externe, et enfin aucun écoulement de liquide, et par suite aucune évaporation, ne se produisent, ce qu'on ne saurait éviter dans les incisions longitudinales. Seulement, on comprend que, comme il est nécessaire que le réservoir de l'instrument soit contenu en entier tour à tour dans l'intérieur de l'abdomen et du thorax, les expériences sont forcément restreintes aux espèces de la plus grande taille.

Par une induction légitime on doit penser que le même phénomène se produit chez les Insectes bons voiliers de toute taille. Les différences étant dans certains cas très-fortes, comme on le verra ci-après, les aiguilles thermo-électriques doivent permettre une vérification de nos résultats en plaçant l'une d'elles dans l'abdomen et l'autre en même temps dans le thorax. Nous avons d'autre part fait une remarque au sujet des températures obtenues. Elles sont exagérées par le fait de l'introduction de l'instrument dans l'intérieur du corps de l'Insecte et du trouble violent qui en résulte dans les viscères; mais, par contre, le thermomètre d'une masse considérable, supérieure à celle de l'animal, doit absorber une notable portion de la chaleur de la source et donner une indication en moins. Ces deux causes d'erreur, agissant inversement, se compensent, au moins en partie, de sorte que les températures obtenues doivent être assez approchées de l'état calorifique normal.

Toutes les expériences qui suivent ont été faites avec aussi peu de lésion que possible, sans incision longitudinale; un coup de ciseaux à l'extrémité anale de l'Insecte sert seulement à faciliter l'introduction du réservoir du thermomètre; toujours les Insectes étaient dans la salle depuis plusieurs heures, de manière à ce qu'aucune influence d'une autre température antérieure ne pût être invoquée et que les différences fussent propres au sujet seul.

15 août 1863.—*Sphinx convolvuli*, mâle. Thermomètre dans l'abdomen, monte de 25°,2 à 28°,5, puis dans le thorax s'élève subitement à 33°,0 puis redescend; poids, 1^{gr},155.

15 août 1863. — *Sphinx convolvuli*, femelle. Thermomètre dans l'abdomen, de 26°,0 à 31,4, puis, poussé dans le thorax, monte en moins d'une seconde à 37°,0, stationne une à deux secondes puis redescend; poids, 1^{gr},563.

22 août 1863. —*Sphinx convolvuli*, mâle. Thermomètre dans l'abdomen, monte de 19°,6 à 22°,2 et stationne, puis, enfoncé dans le thorax, s'élève aussitôt à 26°,5, reste stationnaire près d'une minute, puis redescend rapidement; poids, 1^{gr},522.

22 août 1863. — *Sphinx convolvuli*, femelle. Thermomètre dans l'abdomen, de 20°,1 à 23°,4 et stationne, puis, dans le thorax monte aussitôt à 27°,3 et stationne environ 20 secondes, puis redescend assez lentement, demeure plusieurs secondes à 27°,0, puis à 26°,6, etc.; poids, 1gr,281.

1er septembre 1863 : *Sphinx convolvuli*, femelle. Thermomètre dans l'abdomen, de 21°,0 à 22°,4 et stationne, et dans le thorax monte à 26°,3 ; poids, 1gr,325. L'insecte, peu actif, ne volait pas.

1er septembre 1863 : *Sphinx convolvuli*, femelle, assez actif, volant. Thermomètre dans l'abdomen monte de 21°,2 à 28°,8, puis, dans le thorax, s'élève aussitôt à 33°,9 ; poids, 1gr,592.

9 septembre 1863 : *Sphinx convolvuli*, femelle, rempli d'œufs. Thermomètre dans l'abdomen monte de 17°,2 à 19°,9, et dans le thorax à 24°,0, et stationne environ une minute ; poids, 1gr,985.

15 septembre 1863 : *Sphinx convolvuli*, mâle. Thermomètre dans l'abdomen de 19°,0 à 24°,4 ; puis dans le thorax, en moins d'une seconde, monte à 30°,3, puis 31°,1, puis à 30°,8 ; poids, 1gr,412.

Nous voyons donc dans ces expériences sur les *Sphinx* le thermomètre indiquer plusieurs fois des excès considérables analogues à celui de l'expérience de M. Breyer, et sans qu'on puisse objecter les mêmes causes d'erreur. Les températures superficielles de ces mêmes Sphinx, mesurées au thermomètre différentiel, ont varié environ de 1°,5 à 2°,5 au-dessus de la température ambiante ; mais je ne rapporte pas ici ces expériences, car on ne peut comparer des températures extérieures normales à des températures internes anormales, évidemment accrues par le mode d'expérience. Les Papillons étaient dans la chambre au moins depuis une demi-journée avant l'expérience, afin d'éviter tout refroidissement ou échauffement autre que celui dû à leur chaleur propre. J'ai toujours observé que les mâles seuls possédaient l'odeur musquée signalée par les auteurs

pour l'espèce; les femelles, soit avant, soit après la ponte, sont complétement dépourvues de cette sécrétion (1).

Sphinx ligustri mâle, donné par M. Delorme, éclos le 18 juin 1864. — Doué d'une faible odeur musquée sous le thorax et l'abdomen, nulle quand il est au repos et profondément endormi ; elle devint forte lorsqu'il fut incisé à l'extrémité de l'abdomen, et se débattit. — Le 20 juin 1864, au laboratoire d'entomologie du Muséum, devant M. Lucas, le thermomètre extérieur marquant 20 degrés, introduit dans l'abdomen, monta à 20°,6 ; puis, poussé dans le thorax, s'éleva subitement en quelques dixièmes de seconde à 27°,3, et, une minute après, était encore à 26 degrés. Poids, 1^{gr},088.

16 septembre 1864 : temp. extér., 20°,5. — *Sphinx convolvuli* femelle, capturé depuis vingt heures, très-vif. Thermomètre dans l'abdomen monte de 20°,5 à 21°,4 et stationne ; puis, poussé brusquement dans le thorax, le fond contre la tête de l'insecte, monte à près de 31 degrés, et stationne environ une demi-minute, puis redescend lentement à mesure que l'animal s'affaiblit. Au bout d'une minute, il est à 29°,5, puis, dix secondes après, à 28 degrés, et stationne environ une minute. Il est retiré. Poids = 1^{gr},756.

Cette femelle n'avait pas la moindre odeur musquée.

21 septembre 1864 : temp. extér., 17 degrés. — *Sphinx convolvuli* mâle, capturé depuis vingt heures, avait une très-forte odeur musquée lorsqu'il fut pris au vol. Vivacité médiocre. — 1° Température externe par le procédé Newport : thermomètre externe sous l'abdomen monte de 17 degrés à 17°,8 en trois secondes et stationne ; puis le thermomètre étant glissé sous le thorax et la tête s'élève de 17°,8 à 18°,6 en quatre minutes, puis à 18°,9, et stationne ensuite, environ pendant deux secondes. — 2° Température interne : thermomètre dans l'abdomen monte de 18°,2 à 19°,3, puis à 19°,8. Ensuite le thermomètre poussé dans le thorax s'élève en une seconde à peine à 25 degrés, puis lentement à 25°,2, puis redescend à 25 degrés,

(1) M^{me} Girard, *Cosmos, sur les sécrétions musquées*, 1860, t. XVII, p. 280.

stationne une demi-minute, descend à 24°,6, et stationne environ pendant dix minutes, puis à 24°,3, etc. Poids = 1gr,697.

21 octobre 1865 : temp. extér., 12°,6. — *Acherontia atropos* femelle, récemment éclose, criant beaucoup. L'insecte n'étant que très-mal vidé de son méconium nymphal, la température du thermomètre introduit dans l'abdomen s'abaisse à 10°,3, accident dû au filet du liquide déversé baignant le thermomètre ; poussé dans le thorax, il monte aussitôt à 14°,6, puis à 15°,2 et 15°,4, et stationne plus d'une minute. Poids = 2gr,962.

16 septembre 1865 : temp. extér., 23 degrés. — *Sphinx convolvuli*, mâle, à odeur musquée, dans la chambre depuis la veille. Le thermomètre dans l'abdomen marque 24 degrés au bout d'une demi-minute, puis, poussé dans le thorax, monte en deux secondes à 31°,8, stationne quelques secondes, puis redescend. Poids = 1gr,452.

22 septembre 1865 : temp. extér., 22°,6. — *Acherontia atropos* mâle, à ailes atrophiées, très-affaibli, près de la mort. Le thermomètre enfoncé dans l'abdomen est d'abord descendu à 22°,3, puis est remonté à 22°,6 et a stationné ; enfoncé dans le thorax, il s'est élevé à 23°,5, et est resté stationnaire plusieurs minutes. Poids = 1gr,845.

17 juillet 1866 : temp. extér., 25°,2. — *Sphinx ligustri* mâle, d'une odeur musquée très-sensible, même à distance, et forte autour de l'extrémité anale ; capturé la nuit par le veilleur dans une des cours du Collége Rollin, dans la salle depuis dix heures, volant avec quelque peine, ayant été un peu meurtri. Thermomètre dans l'abdomen monte de 25°,2 à 26 degrés en quelques secondes, puis, enfoncé dans le thorax, il s'élève en moins d'une demi-seconde à 30 degrés, y stationne pendant plus d'une demi-minute, le fond du thermomètre butant contre la tête de l'insecte et l'instrument étant tourné au milieu des tissus, puis commence à descendre lentement. Poids = 0gr,884. — Le résultat de cette expérience est considérable, vu le faible poids de l'insecte, un sujet déjà affaibli et l'élévation extérieure de la température.

Dans les dernières expériences dont l'exposé va suivre, expé-

riences toujours sur des Lépidoptères bons voiliers, le même insecte a souvent été soumis au thermomètre à diverses reprises, afin de faire voir que l'effet de concentration de la chaleur dans le thorax n'était pas un accident se présentant une fois, mais était lié à la vie même du sujet, persistant tant qu'elle durait, avec une diminution d'intensité liée à l'affaiblissement général résultant de la lésion.

18 juillet 1867. — *Sphinx convolvuli* mâle, éclos depuis deux jours; temp. extér., 19°,5. — Le thermomètre introduit dans l'abdomen marque 20°,2 au bout de plusieurs secondes, puis 20°,8 et stationne; le Papillon agite les ailes. Le thermomètre est poussé dans le thorax, et subitement monte à 22°,7 et stationne une à deux minutes. — Le sujet était chétif, d'odeur musquée faible, ne pesant que 0^{gr},7 à 0^{gr},8, provenant de l'éducation en chambre close d'une Chenille trouvée à l'automne de 1866.

20 juin 1867 (1). — *Sphinx ligustri* mâle, éclos depuis vingt-quatre heures environ; temp. extér., 18 degrés. — Le thermomètre introduit dans l'abdomen monte à 19°,1, et stationne plusieurs minutes; enfoncé ensuite dans le thorax et la tête, et tourné sur lui-même, s'élève aussitôt à 22 degrés et stationne environ deux minutes, puis redescend lentement, de sorte qu'il reste à 21°,5 une demi-minute, puis à 21°,2 pendant une minute, etc.

Le sujet, un peu petit, ne permet pas une introduction bien complète du thermomètre dans le thorax. Poids (non noté). — L'insecte est mis au repos pendant trente-six heures, afin de réparer la lésion, puis l'expérience est reprise; il est encore bien vivace et d'odeur fortement musquée. — 21 juin 1867 (deuxième épreuve) : temp. extér., 19°,2. — Le thermomètre placé dans l'abdomen monte assez lentement à 19°,6 seulement, et redescend à 19°,4, puis 19°,2; enfoncé dans le thorax, il s'élève aussitôt

(1) Les *Sphinx ligustri*, sujets des expériences de 1867, provenaient de l'obligeance de M. Delorme et des chrysalides recueillies par lui à la fin de 1866 sous les lilas de la pépinière du Luxembourg, au moment de la destruction de ce jardin rustique, qui n'était pas sans intérêt pour les entomologistes parisiens.

à 21 degrés, et stationne plusieurs minutes à cette température. L'insecte est remis au repos et agite fortement les ailes ; mort le lendemain.

20 juin 1867. — Expérience faite chez M. E. Blanchard et en sa présence. — *Sphinx ligustri* mâle, éclos depuis 36 heures. — Temp. extér., 21 degrés. — Le thermomètre introduit dans l'abdomen monte de 21 degrés à 22°,8 et stationne. Il est poussé dans le thorax jusqu'au vertex de la tête, avec pénétration incomplète, et, immédiatement, dans un temps inappréciable, le mercure monte à 26 degrés et stationne environ une minute, puis redescend lentement à 25°,5, etc.; poids (non noté). — L'animal est laissé ensuite au repos pour cicatriser la lésion. — 22 juin 1867; 36 heures après, l'expérience est reprise sur le même Insecte, redevenu vif et d'odeur fortement musquée ; temp. extér., 19 degrés. — Le thermomètre introduit dans l'abdomen monte à 19°,8 en plusieurs secondes, puis y descend à 19°,6 et stationne. Enfoncé dans le thorax jusqu'à la tête, il s'élève aussitôt à 21°,6, puis à 22 degrés quand il est tourné sur lui-même et reste plusieurs minutes à cette température. L'Insecte est remis au repos; mort le lendemain.

24 juin 1867. — *Sphinx ligustri* mâle; expérience faite chez M. P. Gervais et en sa présence; temp. extér., 20 degrés. — Le thermomètre enfoncé dans l'abdomen marque près de 22 degrés. Enfoncé ensuite dans le thorax avec introduction incomplète, il s'élève immédiatement à 28 degrés, y stationne environ une minute, puis redescend lentement; poids, 0^{gr},780. L'insecte est mis au repos. — 25 juin 1867; environ 36 heures après la première épreuve, le même Insecte est remis en expérience; temp. extér., 18°,1. Il est vif, peut encore voleter et a une odeur fortement musquée; dans l'abdomen, le thermomètre monte à 18°,6 et stationne, puis, poussé dans le thorax, monte aussitôt à 20°,4, et stationne plus d'une minute. Il est remis au repos et vit encore le 26 juin matin, assez vif mais ne pouvant plus voler; mort le 27 juin matin.

29 juin 1867. — *Sphinx ligustri* femelle, éclos depuis trois

jours, bien vif, sans odeur musquée (1); temp. extér., 18 degrés, — Le thermomètre enfoncé dans l'abdomen monte, en une seconde environ, à 19 degrés, 19°,2, 19°,4, oscillant entre ces nombres pendant deux minutes environ, en même temps que l'Insecte bat des ailes; poussé dans le thorax, il monte aussitôt à 23 degrés, puis à 23°,5 quand on le retourne, retombe à 23 degrés et y reste environ une minute, avec introduction incomplète, puis redescend lentement; poids (non noté). L'insecte est mis au repos. — 24 heures après, la même femelle est remise en expérience; temp. extér., 18°,5. Le thermomètre, dans l'abdomen, reste à 18°,5; puis, dans le thorax, monte aussitôt à 20°,2; le 1er juillet, mort.

29 juin 1867. — *Sphinx ligustri* mâle, éclos depuis 36 heures (par exception sans aucune odeur musquée); temp. extér., 18°,5. Le thermomètre dans l'abdomen s'est élevé à 19°,2, puis à 20 degrés et a stationné; enfoncé ensuite dans le thorax, il monte aussitôt à 24°,4 et stationne plusieurs minutes. L'Insecte est mis au repos; poids = 0gr,630. — 1er juillet 1867. Le même insecte, au repos depuis deux jours, est remis en épreuve; temp. extér., 20°,2. Le thermomètre dans l'abdomen monte à 20°,8 et stationne une demi-minute; enfoncé dans le thorax, il monte à 21°,5, puis 21°8, et, tourné sur lui-même, quelques instants à 22 degrés, puis redescend à 21°,8. L'insecte est mis au repos; mort, le 3 juillet.

3 juillet 1867. — *Sphinx ligustri* femelle, éclos depuis trois jours; expérience faite au Muséum devant M. A. Milne Edwards; temp. extér., 22 degrés; le thermomètre dans l'abdomen monte à 23 degrés, et, poussé dans le thorax, s'élève immédiatement à 27°,5, puis, l'instrument étant tourné sur lui-

(1) La sécrétion musquée signalée par les auteurs chez les *Sphinx convolvuli* et *ligustri*, et notamment plus faible chez cette dernière espèce, est exclusive aux mâles, comme je m'en suis assuré dans mes nombreuses expériences sur ces deux espèces; je suppose qu'elle a son siége dans quelque glande annexe de l'appareil génital, et elle ne se développe que quand le mâle, bien vidé du méconium de la chrysalide, est propre à l'accouplement.

même, à 28 degrés; poids = 0gr,939. L'Insecte est mis au repos; mort, 5 juillet, 40 heures après.

9 juillet 1867. — *Sphinx ligustri* femelle, éclos depuis *neuf jours;* expérience faite chez M. le docteur A. Moreau et en sa présence; temp. extér., 18°,8. Le thermomètre dans l'abdomen monte peu à peu, à très-près de 20 degrés et stationne; enfoncé dans le thorax, avec introduction incomplète, il monte aussitôt à 24°,4 et stationne quelques instants; poids = 0gr,710. L'Insecte est mis au repos et vivait encore très-bien, un peu affaibli, 24 heures après.

12 juin 1868 (expérience faite chez M. Claude Bernard, sous ses yeux). — *Sphinx ligustri* femelle, éclos la veille; temp. extér., 23°4. Le thermomètre introduit dans l'abdomen monte à 25°,5 et stationne; puis, introduit dans le thorax, s'élève aussitôt à 32 degrés, puis descend peu à peu, et, au bout de 2 à 3 minutes, est encore à 27°,4. — 13 juin 1868. Le même Insecte, encore bien vif, est remis en expérience; temp. extér., 19 degrés. Dans l'abdomen, 19°,8; dans le thorax, 21°,6, puis 21°,4 pendant plusieurs minutes; poids = 1gr,930, ce poids doit avoir subi depuis la veille une perte par évaporation.

Expériences sur des Sphingides de dimensions moyennes. Les résultats sont très-imparfaits, car le réservoir ne peut être introduit qu'en petite partie, du tiers à la moitié, dans le thorax. Ils constatent la différence de température plutôt qu'ils ne la mesurent.

4 mai 1867. — *Deilephila elpenor*, mâle (Sphinx de la vigne), éclos depuis la veille, pris à l'état de repos, s'agitant un peu dans la manœuvre; temp. extér., 15 degrés. De 15 degrés le thermomètre, entièrement plongé dans l'abdomen, monte à 15°,4; puis, dans le thorax, s'élève aussitôt à 16 degrés et stationne 3 à 4 minutes; poids = 1gr,135.

7 mai 1867. — *Deilephila elpenor*, mâle, éclos de la veille; temp. extér., 20°,4. Le thermomètre dans l'abdomen monte de 20°,4 à 21 degrés; puis, poussé dans le thorax et retourné sur

lui-même, s'élève aussitôt à 22°,1, puis 22 degrés et stationne plusieurs minutes; poids = 0gr,850.

7 mai 1867. — *Deilephila elpenor*, éclos de la veille; temp. extér., 20 degrés. Le thermomètre dans l'abdomen reste à 20 degrés; puis, dans le thorax, il monte aussitôt à 20°,8 et stationne une minute, puis descend à 20°,6; poids = 0gr,912.

Les expériences suivantes sont faites sur des Insectes doués d'un vol médiocre. Le résultat est moyen, intermédiaire entre celui des grands voiliers qui sont les Sphingides propres et celui des Insectes à vol très-faible, du moins habituellement, comme les grands Orthoptères.

18 avril 1866 : temp. extér., 15 degrés. — *Attacus pyri*, mâle, à ailes avortées, sujet peu actif. Thermomètre à mercure dans l'abdomen, s'élève de 15 degrés à 15°,3; puis, enfoncé dans le thorax, monte brusquement à 16°,4 et stationne pendant plusieurs minutes, le réservoir étant tourné dans l'Insecte; poids = 1gr,540; excès du thorax sur l'abdomen : 1°,3.

28 avril 1866 : temp. extér., 20 degrés. — *Attacus pyri* (grand Paon de nuit), mâle, éclos depuis la veille. Thermomètre dans l'abdomen, s'élève de 20 degrés à 21°,2 et stationne; puis est introduit dans le thorax; immédiatement le mercure est lancé de 21°,2 à 25°,5 et stationne plusieurs minutes. Lors des manœuvres, l'Insecte s'était réveillé et avait volé par la salle. Excès du thorax sur l'abdomen : 4°,3; poids = 1gr,791; l'Insecte est éclos d'une chrysalide qui la veille pesait 4gr,323.

10 mai 1866 : temp. extér., 15°,8 (expérience faite devant M. Künckel). — *Attacus pyri*, femelle, éclos depuis deux jours. Le thermomètre, dans l'abdomen gonflé de liquides, monte de 15°,8 à 16 degrés et stationne; puis, enfoncé dans le thorax, monte immédiatement à 19°,4 et stationne. Excès du thorax : 3°,4; poids = 3gr,508.

Les *Attacus* étaient mis en expérience pendant le jour, par suite endormis et peu actifs; ces Insectes, dans la nature, ne volent que le soir, principalement les mâles à la recherche des femelles.

25 mai 1866. — *Smerinthus populi*, femelle; temp. extér., 16 degrés. Dans l'abdomen, le thermomètre reste à 16 degrés comme à l'extérieur; puis, poussé dans le thorax, où le réservoir ne peut pénétrer qu'incomplétement, monte et stationne à 16°,8. Le résultat est incomplet et en moins; poids = 1gr,482.

11 mai 1867. — *Attacus pyri*, femelle, éclose depuis 48 heures et provenant d'une chrysalide de deux ans; temp. extér., 24 degrés. Le thermomètre, introduit dans l'abdomen, descend de 24 degrés à 23°,6, fait accidentel dû à du liquide déversé et aussi à la masse énorme d'œufs très-mouillés, refroidis par l'évaporation cutanée (cela indique que l'abdomen était ici tout au plus à la température extérieure); puis, enfoncé dans le thorax, il monte immédiatement à 25°,4, et, tourné sur lui-même, stationne plusieurs minutes à cette même température; poids = 3gr,123.

17 avril 1867. — *Attacus carpini* (petit Paon de nuit), femelle, éclose depuis 12 heures, vive, battant des ailes. Le thermomètre à 13°,8, temp. extér., introduit dans l'abdomen plein d'œufs, a monté à 14°,4, puis dans le thorax à 15°,4 et stationne plusieurs minutes. Observation imparfaite, car le réservoir n'était qu'en partie contenu dans le thorax, l'Insecte étant trop petit; poids = 1gr,118.

17 avril 1868. — *Attacus pyri*, mâle, éclos le matin, provenant d'une chrysalide de deux ans; temp. extér., 11°,2. L'expérience est faite à 5 heures du soir, au moment où va commencer la période d'activité de l'Insecte qui a déjà volé plusieurs fois dans la journée. Dès que le réservoir est introduit dans l'abdomen, la température s'élève à 15°,5, n'y reste qu'un instant et descend à 14°,5; puis, le thermomètre étant introduit dans le thorax, le mercure monte aussitôt à 21 degrés, puis à 21°,5 quand on le retourne sur lui-même, le fond du réservoir butant contre la tête, puis à 21°,2 et stationne de 1 à 2 minutes. Le résultat obtenu avec ce sujet est d'une grandeur qui étonne, et me paraît insolite dans l'ordre où se placent l'espèce et la famille sous le rapport de la locomotion aérienne. Il doit tenir au sexe, à l'heure de l'expérience, à la basse température exté-

rieure et surtout, je crois, à une vitalité excessive du sujet dont l'éclosion avait devancé beaucoup l'époque habituelle. Les autres expériences sur les Paons de nuit, consignées dans mes notes, ont toutes été faites le matin, moment de repos pour cette espèce crépusculaire; poids = 1gr 550.

7 mai 1868 (expérience faite devant plusieurs personnes dans le laboratoire de M. Claude Bernard, au Collége de France, où l'Insecte et le thermomètre séjournaient depuis plusieurs heures). — *Attacus pyri*, femelle, éclos depuis deux jours, ayant voleté toute la nuit précédente, fatigué, dénudé; temp. extér., 17°,8. Le thermomètre introduit dans l'abdomen, au milieu de la masse des œufs, demeure stationnaire à la température extérieure. Introduit dans le thorax, il s'élève très-promptement à 19°,2 et y stationne plus d'une minute; excès : 1°,4; poids = 3gr,5.

3 juin 1868, 8 heures du matin : *Attacus pyri*, femelle, sujet éclos depuis deux jours, éclosion d'époque très-tardive pour cette espèce. Temp. extér., 21 degrés. Le thermomètre introduit dans l'abdomen reste à 21 degrés; puis, dans le thorax, monte aussitôt à 22°,4, et, retourné sur place, à 22°,8; au bout d'une minute, le thermomètre immobile marque 22°,2; poids = 2gr,996.

Nous terminerons ce qui concerne cette espèce, constituant le plus grand Lépidoptère d'Europe comme surface totale, par l'indication de deux expériences bien propres à montrer toute l'étendue des différences individuelles qui peuvent se présenter dans une expérience physiologique.

2 mai 1869 : *Attacus pyri*, mâle (expérience faite au laboratoire des hautes études, au Muséum, en présence de MM. Milne Edwards et A. Milne Edwards). Temp. extér., 17°,6. Le thermomètre, dans l'abdomen s'élève à 18°,5, puis, dans le thorax, à 20 degrés; poids non noté. Cet insecte, mal enfermé après l'expérience, s'est envolé la nuit suivante; c'est une preuve de peu d'importance des lésions, en apparence les plus graves dans cette classe d'animaux.

5 mai 1869 : *Attacus pyri*, femelle (expérience faite, à la

Sorbonne, en présence de M. Hébert, en son laboratoire d'enseignement). Temp. extér., 17°,6. Le thermomètre dans l'abdomen monte à 19°,5; puis, enfoncé dans le thorax, s'élève aussitôt à 25°,4; puis reste pendant environ une minute à 26 degrés, et monte un instant à 26°,3. Ramené ensuite en sens inverse et replacé dans l'abdomen, d'après la demande de M. Hébert, il revient aussitôt à 19°,7 et 20 degrés, quand il est un peu plus enfoncé, de sorte que le réservoir soit entièrement caché.

Quelques expériences sur les moyens voiliers ont porté sur un Lépidoptère exotique, nommé vulgairement le Ver à soie de l'ailante, introduit en France, en 1858, par M. Guérin-Méneville, et complétement acclimaté aujourd'hui. La chenille vit en plein air sur plusieurs arbres et le papillon vole dans les jardins dans toutes les localités où ont été faites des éducations captives qui ont donné lieu à la fuite de quelques sujets, de sorte que l'espèce, merveilleusement appropriée à notre climat, s'est propagée, et doit figurer aujourd'hui dans les catalogues des Insectes français. Les insectes en expérience étaient forts et vigoureux, grands et bien colorés, et m'avaient été donnés par M. Givelet, provenant de ses remarquables éducations en plein air, à Flamboin (Seine-et-Marne).

28 juin 1868 : *Attacus cynthia vera* mâle, très-vif, volant bien, éclos depuis 15 à 20 heures. Temp. extér., 24°,2. Le thermomètre, dans l'abdomen, reste à 24°,2; puis, pousse dans le thorax, monte aussitôt à 26°,2; puis stationne à 26 degrés. Vu le peu de longueur du thorax, l'introduction du réservoir est incomplète. Poids = 0^{gr}.773. Cette élévation de température est réellement remarquable si on considère le faible poids de ce papillon.

1er juillet 1868 : *Attacus cynthia vera* femelle, sujet éclos depuis 20 heures environ. Temp. extér., 20°,8. Le thermomètre à mercure, dans l'abomen, demeure stationnaire à 20°,8; introduit dans le thorax, incomplétement, il s'élève aussitôt à 22 degrés et stationne environ 2 minutes. Poids = 2^{gr},184.

Nous remarquerons que cette femelle, dans des conditions

d'éclosion identiques avec celles du mâle précédent, de masse plus que double, est cependant moins chaude que lui.

4 juillet 1868 : *Attacus cynthia vera* femelle, éclose depuis quatre jours, ayant commencé à pondre. Temp. extér., 20°,2. Dans l'abdomen, le thermomètre ne marque que 20 degrés seulement; introduit dans le thorax, il s'élève à 21 degrés; poids = 1gr,650.

Ce sujet a été affaibli et a perdu de son poids par évaporation, en raison d'une existence trop prolongée sans nourriture. Les Lépidoptères de cette tribu, à organes buccaux atrophiés, ne mangent pas à l'état adulte.

D'autres expériences ont été faites sur le *Sericaria mori* (papillon du Ver à soie du Mûrier), espèce domestique, qui ne vole plus, mais dont les mâles se promènent en agitant vivement les ailes; il est probable que dans l'état sauvage et inconnu de cette utile espèce les mâles ont un vol énergique, comme nos Bombyx sylvestres, car M. Martins a vu autrefois, dans de remarquables expériences faites à Montpellier sur des Vers à soie élevés en plein air sur le mûrier, qu'à la troisième génération libre, les mâles avaient recouvré le vol.

29 juin 1867 : *Sericaria mori* mâle, éclos depuis 8 jours, très-vif et battant des ailes. Temp. extér., 18 degrés. Le thermomètre pénètre des 2/3 du réservoir dans l'abdomen, 1/3 restant dans l'air; il s'élève à 19 degrés, 19°,5, 19°,8; puis, poussé dans le thorax, dont la dimension permet seulement introduction de 1/3 du réservoir, le reste demeurant dans l'abdomen, le mercure monte aussitôt à 21 degrés, puis à 21°,6 et y stationne une minute. Poids = 0gr,340.

30 juin 1867 : *Sericaria mori* mâle, en très-grande excitation. Temp. extér., 19 degrés. Dans l'abdomen (introduction incomplète), le mercure monte à 19°,6; puis, enfoncé dans le thorax, monte immédiatement à 21°,5 et stationne 1 minute (avec introduction très-incomplète). Poids = 0gr,367.

Les expériences qui suivent ont, au contraire, porté sur des Insectes doués du moindre vol, toujours choisis dans des espèces chez lesquelles la grande taille permet d'expérimenter par intro-

duction successive du thermomètre à mercure dans les deux régions.

24 mai 1864 : temp. extér., 17°,2. *Gryllotalpa vulgaris* femelle, à sec depuis 2 jours sur du coton. Le thermomètre dans l'abdomen s'élève de 17°,2 à 17°,6; puis, subitement enfoncé dans le thorax, reste à 17°,6, puis retombe à 17°3. Dans cet insecte qui ne vole pas ou ne vole que très-exceptionnellement, il n'y avait donc pas de différence sensible de température entre les deux régions. En même temps au thermomètre différentiel la température superficielle était la température ambiante. Poids = 3^{gr},890.

20 juillet 1864 : temp. extér., 23°,4. *Gryllotalpa vulgaris* femelle. Le thermomètre dans l'abdomen, mouillé de déjections, s'abaisse à 23 degrés; enfoncé dans le thorax, il se relève à 23°,4, ou à la température ambiante et y stationne plusieurs minutes. Poids = 2^{gr},882.

4 septembre 1868 : *Gryllotalpa vulgaris*, femelle, dans la salle depuis 15 heures, bien vive. Temp. extér., 23°,2. Dans l'abdomen plein d'œufs, 22°,8; dans le thorax (introduction difficile et peu complète, vu la dureté des apodèmes), 23°,8 et stationne plusieurs minutes. Poids = 2^{gr},285.

Gryllotalpa vulgaris, femelle, temp. extér., 23°,2. Dans l'abdomen plein d'œufs, 23 degrés; dans le thorax, 23°,8 et 24 degrés en tournant le réservoir sur lui-même et stationne. Poids = 2^{gr},300.

Gryllotalpa vulgaris, femelle, temp. extér., 23°,6. Le thermomètre dans l'abdomen plein d'œufs, 23°,5; dans le thorax, 24 degrés; puis 24°,2, enfin stationne à 24°,1; poids = 3^{gr},074. Introduction difficile et incomplète pour les trois.

25 août 1863 : temp. extér., 23 degrés. *Locusta viridissima*, femelle, sujet affaibli. Le thermomètre introduit sans vivisection par l'orifice anal s'élève dans l'abdomen de 23° à 23°,4; puis, poussé dans le thorax monte à 23°,8 et y stationne plusieurs secondes. Poids = 1^{gr},287.

29 août 1865 : temp. extér., 23°,8. *Locusta viridissima*, fe-

melle. Le thermomètre placé sous l'abdomen, celui-ci reposant sur du coton, marque 23°,8, comme à l'extérieur, pendant 4 à 5 minutes; puis, dans l'abdomen, il monte à 24°,2 et stationne environ 6 minutes; enfin, enfoncé dans le thorax, dans lequel il ne pénètre, du reste, qu'incomplétement, il n'a pas varié. Poids = 1gr,800.

30 septembre 1865 : temp. extér., 23°,5. *Locusta viridissima*, femelle. Le thermomètre enfoncé dans l'abdomen marque 23 degrés ou un léger abaissement; puis, enfoncé dans le thorax jusqu'à la tête, et retourné plusieurs fois, n'enfonçant, au reste, pas très-complétement, monte à 24 degrés en 1 minute environ. Poids = 1gr,652.

10 août 1866 : temp. extér., 18°,5. *Locusta viridissima*, mâle, dans la salle depuis 24 heures, sujet actif. Thermomètre dans l'abdomen s'élève à 18°,7 et stationne; puis, dans le thorax, monte aussitôt à 19°,3; le réservoir est resté en partie dans l'abdomen, car le thorax des Locustiens est peu allongé comparé à l'abdomen. Poids = 1gr,610.

Même date : temp. extér., 18°,5. *Locusta viridissima*, femelle, dans la salle depuis 24 heures. Le thermomètre, dans l'abomen, monte à 19 degrés et stationne; puis, poussé dans le thorax, s'élève aussitôt à 19°,4 et stationne. Le réservoir est resté en partie dans l'abomen. Poids = 1gr,672.

Ces deux sauterelles n'ont pas paru souffrir de l'expérience et ont continué à marcher et même à sauter. Elles ont survécu 5 à 6 jours.

22 août 1866 : temp. ext., 22°.2. *Locusta viridissima*, femelle, depuis la veille dans la salle, affaiblie par la perte des pattes postérieures. Le thermomètre, dans l'abdomen, s'élève de 22°,2 à 22°,4; puis, poussé dans le thorax (en partie), monte aussitôt à 22°,8. Enfin, tourné à plusieurs reprises, le fond butant contre le crâne, il s'est élevé, au bout d'une demi-minute environ, à 23 degrés et a stationné plusieurs minutes à cette température. Poids = 1gr,692. L'insecte a survécu deux jours.

23 août 1866 : temp. extér., 24°,8. *Locusta viridissima*, fe-

melle, dans la salle depuis dix heures (sujet petit). Le thermomètre introduit dans l'abdomen reste à 24°,8; poussé dans le thorax jusqu'à la tête il monte à 25°,2, et, tourné sur place, arrive bientôt à 25°,5 et stationne plusieurs minutes. Poids = 1gr,042. L'insecte a survécu un seul jour.

27 août 1866 : temp. extér., 25 degrés. *Locusta viridissima*, mâle. Le thermomètre, dans l'abdomen, marque 25 degrés; puis, enfoncé dans le thorax jusqu'à la tête et tourné sur place, stationne plus de deux minutes à 25°,5. Poids = 1gr,221.

27 août 1866 : temp. extér., 25 degrés. *Locusta viridissima*, femelle. Le thermomètre, dans l'abdomen, marque 25 degrés; puis 25°,5 pendant environ 4 minutes enfoncé dans le thorax et la tête jusqu'au vertex. Poids = 1gr,690.

6 septembre 1866 : temp. extér., 22 degrés. *Locusta viridissima*, femelle, très-robuste et très-vive, depuis plusieurs heures dans la salle. Le thermomètre, introduit par une très-légère incision rectale dans l'intérieur de l'abdomen, marque 22 degrés et stationne; poussé dans le thorax et le fond butant contre le vertex, il atteint immédiatement 22°,6; puis, tourné et retourné sur place, monte peu à peu à 22°,9 et stat. plusieurs minutes. Poids = 1gr,956.

7 septembre 1866 : temp. extér., 21 degrés. *Locusta viridissima*, femelle, depuis plusieurs heures dans la salle; insecte très-vif. Le thermomètre, dans l'abdomen, marque 21°,4 et stationne; puis, enfoncé dans le thorax jusqu'au fond de la tête, tourné et retourné, monte à 21°,8, puis à 22 degrés et stationne plusieurs minutes à cette dernière température. Poids = 1gr,452.

16 août 1868 (ces trois sauterelles bien vives). *Locusta viridissima*, femelle, dans la salle depuis 15 heures. Temp. extér., 23°,2. Le thermomètre dans l'abdomen, 23°6; puis, dans le thorax, monte aussitôt à 24 degrés et stationne plusieurs minutes. Poids = 1gr,805.

23 août 1868 : *Locusta viridissima*, femelle, dans la salle depuis 3 heures. Temp. extér., 18 degrés. Le thermomètre dans l'abdomen, 18°,2; dans le thorax, 19 degrés, 1 à 2 minutes. Poids = 1gr,830.

Locusta viridissima, femelle remplie d'œufs, dans la salle depuis 4 heures. Temp. extér., 18°,2. Le thermomètre dans l'abdomen, 18°,4; dans le thorax, 18°,8; poids = 2gr,482.

25 août 1868 : *Locusta viridissima*, femelle, depuis 6 heures dans la salle bien vivace. Temp. extér., 19°,6. Thermomètre dans l'abdomen, 19°,6; dans le thorax, 20 degrés; poids = 1gr,387.

27 août 1868 : *Locusta viridissima*, mâle, depuis 6 heures dans la salle, bien vivace. Temp. extér., 22 degrés; thermomètre dans l'abdomen, 22 degrés; dans le thorax, 22°,5; poids = 1gr,818.

Il faut remarquer qu'avec ces *Locusta*, vu leur forme, l'introduction dans le thorax et la tête est incomplète, des 2/3 du réservoir seulement, ce qui diminue un peu les nombres.

9 septembre 1868 : *Locusta viridissima*, femelle ayant pondu, dans la salle depuis 15 heures. Temp. extér., 25 degrés; thermomètre dans l'abdomen, 25 degrés; dans le thorax, 25°,3; poids = 1gr,085. L'insecte est petit, l'introduction très-incomplète.

10 septembre 1868 : *Locusta viridissima*, femelle ayant pondu dans la salle depuis 20 heures. Temp. extér., 24 degrés; thermomètre dans l'abdomen, 24°,4; dans le thorax, aussitôt 25°,1 puis 25°,3 et stationne; poids = 1gr,272.

15 septembre 1868 : *Locusta viridissima*, femelle ayant pondu, dans la salle depuis 22 heures. Temp. extér., 21°,2; thermomètre dans l'abdomen, 21°,2 et 21 degrés; puis, dans le thorax, 21°6 et 21°,7, et stationne environ 1 minute; poids = 1gr,503.

1er octobre 1868 : *Locusta viridissima*, femelle, ayant pondu, depuis 36 heures dans la salle. Temp. extér., 18 degrés; thermomètre dans l'abdomen, 18°,1; dans le thorax aussitôt, 18°,6; puis 18°,8 en tournant le réservoir et stationne plusieurs minutes; poids = 1gr,639.

Locusta viridissima, femelle ayant pondu, depuis 24 heures dans la salle. Temp. extér., 18 degrés; thermomètre dans l'ab-

domen, 18 degrés; dans le thorax 18°,3 et stationne; poids $=1^{gr},230$.

Si j'insiste un peu longuement sur les expériences relatives aux Insectes très-mauvais voiliers, et surtout aux Courtilières (*Gryllotalpa vulgaris*), ce n'est pas sans motif. Elles me permettent, en effet, de répondre péremptoirement, je crois, à une grave objection. La différence de température entre les deux régions ne serait-elle pas un simple effet de conductibilité? La question serait alors purement physique; elle ne prend son grand intérêt physiologique que si cette différence se rattache à la contraction musculaire du vol. Or, la Courtilière surtout présente un thorax très-épais en opposition avec un abdomen à tégument mou et mince. Elle devrait, à ce point de vue, offrir une forte différence. Au contraire, la différence est très-faible, et due peut-être uniquement, ainsi que chez les Sauterelles, à un effet de conductibilité. Il est dès lors impossible de rattacher à la même cause les excès considérables des Sphinx et d'autres bons voiliers, qui ne présentent pas d'ailleurs une aussi forte différence d'épaisseur et de dureté entre les téguments du thorax et de l'abdomen.

Nous voyons que cette dernière série d'expériences a eu pour sujets des Insectes munis d'ailes propres au vol et s'en servant plus ou moins (il y a des Insectes adultes tout à fait aptères, et d'autres ayant des ailes dont ils ne paraissent pas se servir, sinon dans des circonstances exceptionnelles), mais tous très-médiocres voiliers. Les excès de température du thorax sur l'abdomen sont demeurés nuls, ou ne se sont élevés que d'une faible quantité, ayant très-rarement atteint 1 degré.

Les trois séries d'épreuves attestent le rapport le plus net et le plus direct entre la puissance musculaire du vol et la chaleur localisée pour cette fonction dans le thorax.

Il serait fort à désirer que des expériences de cette nature soient faites sur des Acridiens, choisis parmi les espèces dévastatrices et pris au moment où s'opèrent les grandes migrations, ainsi sur l'*Acridium peregrinum* en Algérie, sur l'*Œdipoda migratoria* dans la Provence. Il faudrait comparer les températures

des deux régions et dans l'état ordinaire de vol très-médiocre et dans l'état insolite de vol puissant. Je suis persuadé qu'on observera, dans ce dernier cas, de grandes différences, analogues à celles qu'offrent les Sphinx, insectes migrateurs et de grand vol; ainsi le *Sphinx convolvuli* nous vient d'Afrique, et cette région nous donne aussi, plus rarement et moins acclimatés, les *Deilephila nerii*, *celerio*, *lineata*. M. Blanchard a vu qu'au moment où les Acridiens migrateurs se préparent à leurs funestes voyages, leurs trachées, ordinairement aplaties en minces rubans argentés, deviennent renflées et cylindriques, ces Insectes se chargeant d'air plusieurs jours à l'avance par des mouvements inspiratoires réitérés, alors que la nourriture faisant défaut à leurs faméliques essaims, l'instinct les avertit de demander aux régions aériennes une route inaccoutumée vers une contrée plus riche en végétaux que les régions arides qui semblent les localités habituelles des Acridiens.

Les Bourdons, si remarquables par le développement de la chaleur externe, ont été soumis à quelques expériences relatives à la chaleur intérieure.

Même parmi les femelles d'août de la plus forte taille, ils sont trop petits et surtout de forme trop ramassée, pour permettre l'introduction successive du réservoir du thermomètre à mercure dans l'abdomen, puis dans le thorax. On réussit, au contraire, parfaitement à démontrer la différence de température de deux régions, et un fort excès toujours en faveur du thorax, si l'on se sert des aiguilles thermo-électriques associées, l'une des soudures étant plongée dans le thorax, l'autre dans l'abdomen, l'insecte placé sur un lit épais de duvet ou maintenu en l'air sur les pointes fer-platine des aiguilles. La grandeur du résultat thermique qui atteint souvent la limite de course de l'aiguille du galvanomètre est en rapport avec le vol assez puissant des Bourdons, et leur corps couvert de poils, mauvais conducteurs de la chaleur.

Les expériences suivantes sont concluantes. Les Insectes sont tous des femelles choisies à l'époque d'activité printanière où elles parcourent les champs et les bois cherchant des trous pour

nidifier. A cette époque de l'année, la ponte n'a pas encore eu lieu. Les grosses femelles nées en août et fécondées à la fin de la belle saison, ont passé l'hiver engourdies; elles se réveillent dès la fin de mars aux premières chaleurs printanières, et je me suis assuré qu'à cette époque où l'instinct maintient ces Insectes dans une activité extrême, ils offrent une température externe plus élevée qu'en automne. Les Bourdons, comme les Guêpes, n'ont que des sociétés annuelles et chaque nid est commencé au début de l'année par une seule grosse femelle.

Une partie des expériences qui suivent a eu pour témoin notre savant ami, M. Lucas, si apprécié des entomologistes.

4 avril 1864 : temp. extér., 12°,4. *Bombus terrestris*, grosse femelle, captif et nourri au miel depuis 10 à 12 jours, maintenu par une pince de bois sur le duvet, soudures l'une dans le thorax, l'autre dans l'abdomen. Différence en faveur du thorax, marquée par la déviation du galvanomètre : 48 degrés init. chaud; 30 degrés stat. environ 30 secondes; 20 degrés, stat., les soudures sont retirées; poids, 0^{gr},464.

10 avril 1864 : temp. extér., 11 degrés. *Bombus terrestris*, grosse femelle, très-vif et volant, sur duvet, soudures introduites à la fois dans le thorax et dans l'abdomen, aucun écoulement de liquide vu la dureté du tégument. Différence en faveur du thorax : 90 degrés chaud (arrêt forcé); 62 degrés stat.; 58 degrés, stat. plusieurs minutes; 48 degrés, stat. plusieurs minutes. Dans ces stationnements l'insecte restait posé sur le duvet fixé aux deux aiguilles. Poids = 0^{gr},348.

12 avril 1864 : temp. extér., 13°,4. *Bombus hortorum*, grosse femelle, très-actif, volant et bourdonnant, nourri au miel depuis quatre jours; soudures dans le thorax et l'abdomen. Différence en faveur du thorax : 80 degrés init. chaud; puis 40 à 65 degrés oscillations de l'aiguille; 54 degrés, stat. environ 1 minute; 48 degrés, stat. environ 1 minute; 51 degrés, stat. environ 1 minute; 48 degrés, stat. environ 1 minute; poids = 0^{gr},663. L'insecte est laissé sur le duvet fiché aux deux soudures.

22 avril 1864 : temp. extér., 17°,7. *Bombus terrestris*, grosse

femelle, très-vif, volant, capturé la veille; soudures dans le thorax et l'abdomen. Différence en faveur du thorax : 90 degrés init. chaud (arrêt forcé); 60 à 70 degrés, oscillations; 60 degrés, stat. environ 1 minute; 56 degrés, stat. environ 1 minute; 51 degrés, stat. environ 1 minute. L'insecte demeure fiché aux soudures, l'observateur éloigné. Poids $= 0^{gr},706$.

27 avril 1864 : temp. extér., 17°,8. *Bombus hortorum*, grosse femelle, actif, soudures dans le thorax et l'abdomen. Différence en faveur du thorax : 90 degrés init. chaud (arrêt forcé); 79 à 81 degrés, oscillations; 73 degrés, stat. plusieurs minutes. Poids $= 0^{gr},644$.

1er mai 1864 : temp. extér., 14 degrés. *Bombus terrestris*, grosse femelle, nourri au miel depuis 8 jours, volant et bourdonnant, soudures dans le thorax et l'abdomen. Différence en faveur du thorax : 72 degrés, init. chaud; 58 degrés, stat. environ 1 minute; 47 degrés, stationne environ 1 minute; 44 degrés, stationne environ 1 minute; poids $= 0^{gr},643$.

11 mai 1864 : temp. extér., 14 degrés. *Bombus terrestris*, grosse femelle, soudures dans le thorax et l'abdomen. Différence en faveur du thorax : 90 degrés, init. chaud (arrêt forcé); 52 à 58 degrés, oscillations, puis de 48 à 53; 52 degrés, stat. pendant 1 minute environ; 48 degrés, stat. pendant 1 minute environ; poids $= 0^{gr},590$.

13 mai 1864 : temp. extér., non notée. *Bombus terrestris*, grosse femelle, très-actif, nourri au miel depuis plus de 12 jours, volant dans la cage; soudures dans le thorax et l'abdomen. Différence en faveur du thorax : 90 degrés, init. chaud (arrêt forcé); 80 degrés, stat. quelques secondes; 48 à 54 degrés, oscillations; 54 degrés, stat. plus de 1 minute; 52 degrés, stat. environ 1 minute; 51 degrés, stat. environ 1 minute; poids $= 0^{gr},702$.

Quelques modifications dans la manière d'expérimenter, mettant encore mieux en évidence l'excès de température du thorax sur l'abdomen, caractérisent les expériences suivantes, dont les sujets sont pris dans les mêmes conditions que les précédents.

7 avril 1868. — *Bombus terrestris*, grosse femelle, nourrie

au miel, depuis cinq jours dans la salle, vive et volant dans sa cage; temp. extér., 15°,8. D'abord une des aiguilles est introduite dans l'abdomen, l'autre restant dans l'air, aussitôt la boussole du galvanomètre est lancée à 86 degrés dans le sens du chaud, ce qui montre que l'abdomen seul est au-dessus de l'air ambiant; puis l'autre aiguille est plantée dans le thorax, la boussole du galvanomètre revient en sens inverse, repasse par 0 degré et est lancée à 90 degrés (arrêt) de l'autre côté, indiquant ainsi au moins autant de chaleur pour le thorax au-dessus de l'abdomen que pour cette région au-dessus de l'air ambiant; poids = 0^{gr},685.

7 avril 1868. — *Bombus terrestris*, grosse femelle, dans la salle depuis cinq jours, nourrie au miel, vive et volant; temp. extér., 15°,8. Une soudure est d'abord introduite dans l'abdomen, l'autre restant dans l'air, la boussole marque une déviation de 82 degrés, en excès de température sur l'air; puis l'autre aiguille est enfoncée dans le thorax, la boussole revient à 0 degré et va buter à 90 degrés en sens inverse, donc le thorax est plus élevé au-dessus de l'abdomen que celui-ci au-dessus de l'air ambiant; poids = 0^{gr},812.

10 avril 1868. — *Bombus hortorum*, grosse femelle, nourrie au miel, depuis dix jours en cage dans la salle, vive et volant activement; temp. extér., 13°,4. 1° une aiguille dans l'abdomen seul, 45 degrés déviation vers le chaud; 2° l'autre aiguille seule dans le thorax, près de 80 degrés déviation dans l'autre sens; 3° les deux aiguilles ensemble dans le thorax et l'abdomen, 25 à 30 degrés déviation vers le chaud en faveur du thorax; poids = 0^{gr},434.

10 avril 1868. — *Bombus hortorum*, grosse femelle, depuis dix jours dans la salle, nourrie au miel, affaiblie, bourdonnant d'abord sans voler, puis finissant par s'enlever; temp. extér., 13°,4. Une aiguille dans l'abdomen seul, l'autre dans l'air, déviation de 50 degrés, sens du chaud; puis la seconde aiguille est introduite dans le thorax, retour à 0 degré et déviation inverse à 42 degrés chaud en faveur du thorax; ici le thorax n'a plus conservé, au-dessus de l'abdomen, un excès supérieur

à celui de l'abdomen au-dessus de l'air ambiant; poids $= 0^{gr},407$.

Il faut remarquer que la seconde espèce de Bourdons a moins de masse que la première, ce qui doit diminuer un peu ses excès calorifiques, à activité égale pour les deux.

J'ai fait aussi quelques expériences sur la différence de température entre le thorax et l'abdomen chez des Bourdons, *à l'extérieur*, en plaçant à la fois au contact du cou et de l'abdomen les doubles barreaux mobiles, d'alliages très-sensibles. J'ai obtenu notamment des déviations de 70 à 80 degrés, et changeant de sens à volonté en croisant les soudures, toujours en faveur du thorax, avec une femelle de *Bombus hypnorum*, du poids de $0^{gr},372$ (avril 1869).

Quelques expériences sur les températures comparées du thorax et de l'abdomen ont eu pour sujet des Hannetons, au moyen des aiguilles thermo-électriques. Ces Coléoptères ont toujours été piqués par les soudures à la face inférieure. Les différences, toujours en faveur du thorax, sont faibles, car l'ordre auquel appartient ces Insectes est dans les plus médiocres voiliers; en outre, souvent, au moment de l'expérience, leur corps est peu gonflé d'air, condition indispensable pour leur vol, qui ne peut s'effectuer *ex abrupto*, et auquel l'Insecte se prépare par une série d'inspirations rapides, lesquelles coïncident avec des mouvements des élytres se soulevant et s'abaissant, afin d'engouffrer sous leur convexité l'air qu'elles poussent dans les stigmates, en même temps que les anneaux de l'abdomen opèrent un vide partiel à l'intérieur.

30 avril 1868, cinq heures du soir. — *Melolontha vulgaris*, mâle; temp. extér., 15°,1. Une aiguille au milieu de l'abdomen, l'autre près de la tête, à sa jonction au thorax; excès thoracique : 28 degrés de déviation initiale; stationnement de plusieurs secondes, puis, peu à peu, 20 degrés; poids $= 0^{gr},743$.

30 avril 1868, cinq heures du soir. — *Melolontha vulgaris*, femelle; temp. extér., 15°,1. Une aiguille est enfoncée au mi-

lieu de l'abdomen, l'autre à la jonction de la tête et du thorax, excès : 15 degrés de déviation, puis 12 degrés en faveur du thorax. L'aiguille du thorax est changée de place et enfoncée entre le prothorax et le mésothorax. Aussitôt déviation de 45 degrés dans le sens du thorax, puis la boussole redescend à 30 degrés, puis revient à 40 degrés et stationne une demi-minute. Il semble résulter de cette expérience la localisation du foyer calorifique vers le milieu du thorax; poids = $0^{gr},576$.

3 mai 1868, neuf heures et demie du matin. — *Melolontha vulgaris*, mâle; temp. extér. (non notée). — Une aiguille au milieu de l'abdomen, l'autre au mésothorax, entre les pattes; déviation en excès pour le thorax de 42 à 30 degrés, stationnement à 30 degrés quelques secondes, puis la boussole revient peu à peu à 25, 20 degrés, etc.; poids = $0^{gr},837$.

4 mai 1868, cinq heures du soir. — *Melolontha vulgaris*, femelle; temp. extér., $20°,2$. Une aiguille entre les pattes médianes, l'autre dans l'abdomen; excès thoracique, 10 degrés déviation; poids (l'Insecte a été perdu).

4 mai 1868, cinq heures du soir. — *Melolontha vulgaris*, femelle; temp. extér., $20°,2$. Une aiguille entre les pattes médianes, l'autre dans l'abdomen; excès thoracique, 16 degrés de déviation; poids = $0^{gr},874$.

La faiblesse des excès dans ces deux expériences est en relation avec une température extérieure élevée.

5 mai 1868. - *Melolontha vulgaris*, mâle; temp, extér., $19°,8$. Une des aiguilles étant introduite dans le thorax seul, l'autre dans l'air, une déviation de la boussole de 20 à 25 degrés a lieu en faveur du thorax; puis la seconde aiguille est enfoncée dans l'abdomen, le même excès persiste sensiblement plusieurs secondes, puis la boussole revient peu à peu; poids = $0^{gr},746$.

5 mai 1868. — *Melolontha vulgaris*, femelle; temp. extér., $19°,8$. Les deux soudures sont enfoncées à la fois : l'une au milieu du thorax, l'autre au milieu de l'abdomen; on a 28 degrés de déviation en faveur du thorax pendant plus d'une minute; puis la déviation diminue lentement, à mesure que l'Insecte

s'affaiblit, et par la tendance à l'équilibre en raison des masses des aiguilles; poids = 0^{gr},660.

Il est certain que la différence de température entre le thorax et l'abdomen ne provient pas de quelque erreur constante due au mode d'observation, puisque les instruments thermométriques de principes les plus divers s'accordent pour la constater; mais comme les expériences avec le thermomètre à mercure ou avec les aiguilles amènent toujours certaines lésions, indispensables pour prendre des températures internes, il fallait répondre à l'objection que c'était peut-être la lésion même qui produisait constamment le défaut d'équilibre thermique entre les deux régions. J'ai reconnu que la différence existe également pour les températures prises à l'*extérieur*, sans aucune blessure à l'animal. Déjà une expérience de ce genre a été indiquée. J'ai opéré pour cela en me servant du procédé de Newport, maintenant l'Insecte, au moyen de la pince de bois, sur du duvet ou de la ouate, le réservoir du thermomètre tour à tour en contact d'abord avec l'abdomen, puis avec le thorax; dans cette seconde partie de l'expérience, l'Insecte était tourné en sens inverse de la première, de sorte que l'abdomen se trouvait au delà du réservoir et que l'effet était dû à la tête et au thorax seuls. Il est étonnant que Newport n'ait pas eu l'idée d'interroger ainsi des régions distinctes; il n'a jamais obtenu qu'une véritable moyenne comme température de la face ventrale.

Mes premières expériences sur les Sphingides grands voiliers, ont été faites par le moyen emprunté à Newport. Ne soupçonnant d'abord aucune distinction thermique des régions, j'opérais en plaçant le thermomètre vers le milieu de la face ventrale. C'est ainsi que, le 7 septembre 1861, par une température de 23°,4, un *Sphinx convolvuli*, mâle, du poids de 1^{gr},681, me donnait au bout de huit minutes environ, pour le dessous du thorax et la base de l'abdomen, une température de 28°,2 descendant ensuite à 27°,5, sans doute par la fatigue de l'Insecte. Ce résultat est tout à fait conforme à ceux de Newport. Le premier exemple d'une différence de chaleur entre les deux régions, me fut donné par le Sphinx à tête de mort, espèce cosmopolite

venue en France avec la pomme de terre et qui causait une frayeur superstitieuse au milieu du siècle dernier. Voici l'exposé de l'expérience :

12 octobre 1861. — *Acherontia atropos*, mâle. Thermomètre à mercure extérieur maintenu sous l'abdomen (procédé Newport) monte en huit minutes de 18°,8 à 19°,4. Autre expérience : de 18°,6 à 19°,3 en dix minutes. Autre expérience : de 18°,1 à 19°,4 en cinq minutes. — 13 octobre 1861 : thermomètre sous l'abdomen, monte, en huit minutes, de 16°,8 à 19°,1 et stationnaire ; puis, placé sous le sternum et la tête, monte à plus de 21 degrés en une minute, s'élève à 21°,5 au bout de trois minutes, et ne monte plus au delà dans les deux minutes suivantes. Enfin, l'Insecte est éventré, et un second thermomètre qui marquait 16°,3 est introduit dans le thorax et s'élève à 29°,3, puis redescend rapidement ; poids = 2^{gr},696.

D'autres expériences de même genre, faites beaucoup plus tard, m'ont conduit absolument au même résultat.

16 septembre 1868, huit heures et demie du matin ; temp. extér., 19°,4. — *Sphinx convolvuli*, mâle, capturé la veille à huit heures du soir, agitant les ailes quand le corps est maintenu dans la pince de bois. Température externe du corps : thermomètre *sous* l'abdomen 19°,8 au bout de deux minutes de contact ; *sous* le thorax 23 degrés, au bout de trois minutes. L'insecte est laissé en repos quelques intants. Température interne : thermomètre *dans* l'abdomen 21 degrés au bout d'une minute environ, l'air extérieur marquant alors 19°,6, puis *dans* le thorax 24 degrés, puis 24°,2 et stationne ; poids = 1^{gr},85.

24 septembre 1868. — *Acherontia atropos*, femelle, depuis six heures dans la salle ; sujet peu actif, froissé par ceux qui l'avaient capturé ; temp. extér., 18°,8. Température externe du corps : thermomètre *sous* l'abdomen 19°,6, puis *sous* la tête et le thorax pendant quatre minutes, 20°,3 et stationne. L'insecte est mis au repos, il est très-fatigué et immobile. Température interne, celle de l'air extérieur étant alors 18°,4 : thermomètre *dans* l'abdomen 18°,8, puis 19 degrés au bout de deux minutes et stationne, puis *dans* le thorax et la tête, aussitôt 20 degrés,

puis 20°,4, le réservoir étant tourné sur lui-même à plusieurs reprises, et stationnement pendant plusieurs minutes à cette température; poids = 1^{gr},968.

5 octobre 1868. — *Acherontia atropos* mâle, depuis quinze heures dans la salle; récemment éclos. Temp. extér. de l'air, 16°,8; temp. externe du corps : thermomètre *sous* l'abdomen, 18 degrés au bout de deux minutes d'application; thermomètre ensuite *sous* le thorax, 19°,5 au bout de deux minutes et stationnaire pendant une minute. Le Papillon n'a cessé de faire entendre le cri caractéristique de l'espèce pendant ces épreuves; il est mis au repos durant deux heures et demie.— Puis, la température de l'air étant de 18 degrés, le thermomètre *dans* l'abdomen reste à cette même température, 18 degrés; ensuite, *dans* le thorax et la tête, s'élève aussitôt à 19°,2; puis, le réservoir tourné sur lui-même, à 19°,8 et stationne. Poids = 1^{gr},755.

Il faut remarquer avec soin que, dans ces observations, les températures *intérieures* comparées des deux régions sont trop basses, car les sujets sont toujours affaiblis par suite des manœuvres précédentes qui ont servi à prendre les températures extérieures.

Le résultat fondamental de mes recherches a reçu une confirmation dans les circonstances suivantes. En lisant, dans les *Annales de la Société entomologique de France*, l'énoncé sommaire de certains de mes résultats sur la chaleur animale des Insectes, le docteur Schaum (de Berlin) fit connaître, par une note, que, dix ans auparavant, il avait fait des expériences du même genre avec un physicien, M. Wiedemann (de Bâle). Leurs travaux restèrent inédits, parce qu'ils ne leur parurent pas conduire à des conclusions différentes de celles de Dutrochet. M. Schaum dit se rappeler avoir constaté, par les aiguilles thermo-électriques, que le thorax des Lépidoptères volants était plus chaud que l'abdomen. Cette indication fut envoyée en note à la Société entomologique dans la séance du 10 décembre 1862. Or, j'avais communiqué à cette Société bien auparavant (séance du 23 octobre 1861) mon expérience du 12 octobre sur un

Acherontia atropos, la première qui me donnait une différence thermique entre les deux régions (voy. *Compt. rend. Acad. des sc.*, 1862, t. LV, p. 290). La priorité m'est donc acquise, et la déclaration tardive du docteur Schaum ne fait que justifier la vérité de mes travaux.

Ce chapitre comprend l'étude détaillée de la partie de nos recherches qui est de beaucoup la plus importante. Il est impossible de ne pas remarquer dans le fait d'une différence de température, quelquefois très-forte, entre deux régions du corps du même animal une certaine analogie avec une remarquable expérience de M. Claude Bernard, qui se rattache à l'influence nerveuse sur la chaleur animale. Sans entrer dans un sujet qui n'est pas le nôtre, il est juste et utile de rappeler ici cette découverte du plus éminent physiologiste de notre époque, car il s'agit de localisations de chaleur amenant des différences thermométriques de même ordre dans des embranchements animaux de plans organiques tout à fait différents.

Déjà M. Auguste Duméril avait fait connaître, à la suite de nombreuses expériences d'empoisonnement faites avec MM. Demarquay et Lecointe, que, vingt-trois fois sur trente-trois, l'autopsie cadavérique permit de constater un état d'hypérémie (congestion) des ganglions du grand sympathique sur des Chiens morts à la suite d'épreuves, où le refroidissement avait été un des symptômes les plus remarquables. Ce résultat tendait à indiquer un rôle important du système nerveux ganglionnaire dans la production de la chaleur animale (1).

En 1854, le prix de physiologie expérimentale proposé pour 1853 fut décerné à M. Claude Bernard, pour une découverte des plus curieuses sur les relations du grand sympathique et de la chaleur animale. Cet éminent physiologiste reconnut que, si l'on coupe à un animal l'un des filets nerveux du grand sympathique, une élévation notable et subite de température se manifeste du côté où le filet a été coupé. La main suffit pour l'apprécier ; un thermomètre placé dans l'oreille de l'animal du

(1) *Proc. verb. de la Soc. philom.* 1851, p. 61.

côté lésé marque 10 à 11 degrés centigrades de plus que celui de l'autre oreille. Cet excès persiste plusieurs semaines et même plusieurs mois si, au lieu de se contenter de couper le filet, on a extirpé le ganglion cervical. L'augmentation de chaleur s'étend de la surface aux parties profondes. Au moment où la température s'élève dans les organes, leurs vaisseaux sanguins deviennent beaucoup plus apparents, et sont évidemment dilatés par un afflux considérable de sang (1).

Je n'ai nullement à m'occuper ici des importantes discussions auxquelles donna lieu cette découverte. Elle était nécessaire à rappeler, car les sciences d'observation ont besoin avant tout de faits exacts ; les explications différentes n'enlèvent jamais l'intérêt de la première indication ; c'est le mérite et l'honneur du savant de provoquer ces luttes pacifiques et toujours fécondes.

DESIDERATA.

Il reste évidemment encore beaucoup de points à étudier dans ce vaste sujet de la chaleur propre des Articulés.

Une série générale de recherches consistera à examiner par des analyses chimiques le rapport entre les produits de la combustion respiratoire et les diverses conditions physiologiques et spécifiques de l'animal dont on constatera en même temps la chaleur propre ; seulement de grandes difficultés se présentent pour les Insectes qui peuvent ne respirer que par intermittences en fermant leurs stigmates, de sorte qu'on ne sait pas exactement quand les gaz dont on entoure les Insectes pénètrent dans leurs trachées, ni à quel moment en sortent les gaz expirés ; les Mammifères et les Oiseaux, à respiration continue, présentent sous ce point de vue une précision expérimentale, que n'offrent pas les autres classes du règne animal ; les expériences de divers auteurs, notamment de Straus-Durckheim, sur la résistance des Insectes à l'asphyxie ; la remarque de M. Milne Edwards que les Insectes succombent aux gaz délétères mêlés peu à peu à l'air,

(1) Claude Bernard, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXXVIII, 1854, p. 194.

tandis qu'ils ferment immédiatement leurs stigmates si ces gaz sont purs, montrent bien toutes les difficultés de cette question.

Comme sujet spécial fort intéressant se présente la question de savoir si les appareils phosphorescents de certains Insectes ont une chaleur propre plus élevée que celle du reste du corps. Mes expériences à ce sujet sont négatives.

Sur des *Lampyris noctiluca* femelles (poids = $0^{gr},158$ pour l'un, non noté pour l'autre), j'ai constaté seulement un excès total de température sur l'air ambiant (à 16 degrés pile A, déviations 51 degrés pour l'un, 42 degrés pour l'autre) ; mais les aiguilles portées l'une sur l'appareil phosphorescent, l'autre sur un autre point du corps, ne m'ont pas donné de différences, peut-être par manque de sensibilité.

J'ai trouvé à la pile A de la chaleur chez les Lucioles (*Luciola italica*), mais je n'ai pas pu reconnaître de différence avec la pince de contact à deux soudures d'alliages entre l'appareil phosphorescent sous-ventral et la face dorsale de la même région. Le corps de ces petits animaux est très-mince en cette région, et l'on comprend qu'il est presque impossible de rien conclure de certain sur des Insectes dont le poids est en moyenne de $0^{gr},02$. Il faudrait opérer sur des *Pyrophorus* américains de beaucoup plus grande taille (*Cucujos*, Élatériens phosphorescents).

Enfin on pourra rechercher si quelque lésion du système nerveux opérée d'un côté du corps n'amènera pas une différence thermique, d'une manière analogue à l'expérience de M. Claude Bernard sur les Mammifères. Chez les gros Sphinx, on pourra, sous ce rapport, interroger, aux aiguilles ou à la pince de contact, les yeux composés si volumineux, qui indiqueraient une différence thermique dans la tête si elle existe ; seulement les vivisections sur le système nerveux des Insectes sont des plus difficiles à opérer avec précision.

L'inspection attentive de ce qui se produit dans les expériences où se constatent les différences considérables de température entre le thorax et l'abdomen, m'a suggéré l'idée d'un essai important, qui sera du reste mis à exécution très-prochainement,

avec le concours de M. Rumhkorff, aussitôt que la saison me fournira de gros Sphinx. Quand on observe la chaleur libre qui accompagne la contraction musculaire du thorax, l'Insecte, maintenu sur le duvet par la pince de bois, cherchant à s'échapper, on empêche l'animal de produire le travail mécanique du vol. Ne peut-on pas supposer que, lorsque celui-ci s'effectue, la chaleur libre diminue, et le thorax et l'abdomen tendent à l'équilibre thermique. C'est là une conséquence de la théorie de l'équivalence mécanique de la chaleur. Or qu'on prenne deux très-légères aiguilles fer-cuivre, chacune munie d'une entaille en fer de flèche empêchant sa sortie de la région où on l'aura enfoncée, que l'une d'elles soit introduite dans le thorax, l'autre dans l'abdomen d'un Sphinx, si l'on tient celui-ci par une longue pince de bois, la boussole du galvanomètre marchera vers le chaud en faveur du thorax.. Qu'alors, lâchant l'insecte, on le laisse voler de 1 à 2 mètres, ce que permettront les fils très-fins unissant les aiguilles thermo-électriques au galvanomètre, il produira le travail nécessaire à élever son poids, on verra ce qu'indiquera le galvanomètre. Si la boussole revient vers le zéro, on aura la démonstration certaine que la contraction musculaire, qui est corrélative, comme on sait, d'une combustion, produit, selon les circonstances, ou chaleur libre, ou travail. Si le résultat est autre, l'expérience n'en est pas moins intéressante. Elle prouvera alors que la différence thermique, proportionnelle, comme le prouvent les exemples, à l'énergie de la locomotion aérienne, a cependant une autre origine que la contraction nécessitée par celle-ci.

CONCLUSIONS.

Les expériences de chaleur animale sur les animaux articulés, principalement les Insectes, confirment de la manière la plus complète la vérité des grands principes énoncés par Lavoisier, Crawford, Spallanzani, W. Edwards, etc., à savoir que la chaleur animale, sous l'influence du système nerveux comme toute fonction vitale, est la conséquence directe de la combustion respiratoire. Newport a principalement appelé l'attention sur cette

concordance intime et continuelle, et je ne crois pas que d'autres classes d'animaux soient plus favorables à cette démonstration, tant les variations dans l'activité de la fonction respiratoire se traduisent immédiatement par des variations correspondantes dans la température du corps. Il faut remarquer, d'autre part, que les Insectes par le fait de leur respiration volontairement intermittente au moyen de l'occlusion des stigmates trachéens sont, au contraire, au nombre des animaux qui se prêtent le moins aux expériences chimico-physiologiques tendant à établir une relation pondérale entre les gaz inspirés et les gaz expirés; ces expériences ne me paraissent avoir de certitude que chez les Mammifères et les Oiseaux à respiration continuelle et obligatoire en vertu de leur organisation. C'est cette cause qui m'empêche d'insérer dans ces conclusions les résultats de certaines de mes expériences sur des Insectes ayant séjourné, soit dans de l'oxygène, soit dans des gaz irrespirables, parce que l'on n'est jamais certain que le gaz ambiant se soit réellement introduit dans leurs trachées.

Les résultats de mes expériences ont été obtenus par les méthodes les plus diverses et toujours à l'abri des échauffements accidentels, à savoir, par la chaleur superficielle, par les piles thermo-électriques à barreaux de bismuth et d'antimoine; le thermomètre différentiel à air modifié spécialement pour rechercher, avec les précautions qui rendent impossibles, les causes d'erreur dues à la diathermanéité du verre et à l'échauffement accidentel par le voisinage de l'observateur; dans quelques cas très-spéciaux, par les aiguilles thermo-électriques fer et platine ou les soudures de contact en alliages; enfin, pour la chaleur interne, le thermomètre à mercure introduit sans lésions dans la partie terminale de l'appareil digestif, selon la manière habituelle d'expérimentation pour les vertébrés. Il résulte de là qu'on ne peut pas attribuer certains résultats à l'influence d'une cause d'erreur constante, objection qui peut toujours être faite aux expérimentateurs qui n'ont employé qu'une seule méthode thermométrique.

Je crois être le premier à faire remarquer la nécessité complète

de tenir compte de la masse dans des expériences faites sur de très-petits animaux où l'on doit interpréter la variation thermique, non d'une manière absolue, mais toujours en rapport avec le poids du sujet, car la question se complique ici d'une influence considérable du milieu ambiant, en vertu de sa capacité calorifique et aussi d'une influence non moins grande de la masse du corps thermométrique. Ces influences, au contraire, sont négligeables chez les Vertébrés, tant en raison de leur masse que de la chaleur propre considérable qu'ils offrent dans leurs types les plus élevés; c'est ainsi qu'en observant chez un Bourdon un excès de plus de 2 degrés centigrades pour la surface seule du corps au-dessus de l'air ambiant et parfois de 3 à 4 degrés, ce résultat n'étant, au reste, qu'approché en moins, on serait tenté au premier abord de l'assimiler à un Reptile ou à un Batracien pour lesquels les expérimentateurs ont constaté des excès internes analogues; tandis que si l'on remarque que le premier sujet ne pèse que quelques décigrammes, les autres pouvant atteindre de un quart à plusieurs kilogrammes, il est évident que l'interprétation doit être toute différente.

Les expériences sont faites sur des Articulés pris isolément, libres de leurs mouvements dans presque tous les cas, dans l'air ordinaire, sans lésions dans une partie des cas, et sans vases clos, dernière condition importante, car un vase clos amène promptement un trouble physiologique, soit par altération de l'air ambiant, soit par accumulation artificielle de chaleur et réaction sur l'animal.

Un certain nombre de mes conclusions me sont communes avec Newport dont la méthode, assez grossière pour qu'on ne doive pas attacher d'importance aux résultats numériques pour les Insectes isolés, présente, au contraire, des faits très-précieux si l'on examine les résultats comparatifs, car les causes d'erreur étant constantes n'empêchent pas, dans une certaine mesure, l'exactitude de ces comparaisons. On comprend, au reste, que dans les observations délicates imposées par la faiblesse de la chaleur propre dans la grande majorité des cas, les résultats comparatifs sont les seuls qui aient de l'intérêt dans la question

qui m'occupe, et que les nombres pris isolément ne doivent pas avoir une valeur aussi rigoureuse que ceux que possède la science pour les Mammifères et les Oiseaux. Il y a notamment pour les expériences avec les piles thermo-électriques, qui sont les plus nombreuses, de continuelles influences sur les nombres absolus dues aux variations dans les contacts avec l'appareil thermo-électrique, en raison de la nécessité de conserver au sujet la liberté de ses mouvements. Cette cause d'incertitude n'existe plus dans mes expériences au thermomètre différentiel à air et au thermomètre à mercure.

J'ai constaté, comme Newport et Dutrochet, que la chaleur propre des larves et des nymphes, dans les Insectes à métamorphoses complètes, est inférieure à celle des adultes. J'ai confirmé complétement les résultats de Newport pour l'influence des états d'activité ou de repos des Insectes, qui se traduit immédiatement, et de la manière la plus sensible, par l'accroissement ou la diminution de la chaleur propre. Il en est de même pour l'influence de l'abstinence et du sommeil. Mes expériences ont porté, outre des espèces analogues à celles observées par Newport, sur le Ver à soie et sur de nombreux sujets ; j'ai constaté, d'accord avec cet éminent naturaliste, l'abaissement dans la chaleur propre des larves au moment des mues, fait qui justifie si directement les conseils donnés aux magnaniers par M. de Quatrefages, dans son remarquable travail sur les maladies du Ver à soie, d'élever la température au moment des mues. J'ai reconnu, comme Newport, que les Coléoptères terrestres offrent une chaleur propre moindre que les Coléoptères volants, fait général chez les Insectes, quoique souvent ces Coléoptères terrestres soient très-agiles dans leurs mouvements. Ce sont d'une part les Sphingides et les Noctuelles en état de mouvement et les Hyménoptères surtout, d'autre part, qui dégagent le plus de chaleur ; parmi ces derniers, les Bourdons, à corps poilu, un peu plus que les espèces à corps lisse. Les Diptères offrent aussi une chaleur propre élevée.

Avant d'aller plus loin, je dois faire remarquer combien ces faits concordent avec les résultats anatomiques publiés par divers

observateurs, notamment par M. Blanchard, sur le développement plus considérable de l'appareil respiratoire et son perfectionnement dans l'adulte comparé à la larve ; s'il est souvent plus ramifié dans celle-ci, il n'y offre pas les ampoules aériennes qu'il présente dans certains ordres chez les adultes ; les trachées en tubes simples chez les Carabiques se compliquent d'ampoules chez les Scarabéides ; les Hyménoptères présentent une véritable hypertrophie de l'appareil respiratoire, etc. D'autre part, l'intermittence dans le développement calorifique chez beaucoup d'Insectes, selon qu'ils volent ou sont en repos, est en rapport avec ce que l'on sait sur l'introduction très-variable de l'air dans les trachées : ainsi les Acridiens migrateurs ont les trachées habituellement comme des rubans aplatis, tandis qu'elles se renflent en cylindres quand ces Insectes se préparent à leurs voyages dévastateurs (observations de M. Blanchard).

Les résultats nouveaux de mes recherches sont les suivants, presque tous basés sur un nombre considérable d'expériences :

Dans la classe des Insectes : 1° Jamais les Insectes adultes, même dans les états de sommeil ou d'affaiblissement, ne présentent d'abaissement au-dessous de la température ambiante pour la surface de leur corps, l'air ambiant, librement renouvelé, restant dans ses conditions ordinaires et en écartant quelques cas anormaux (femelles de Courtilières et de gros Bombyciens pour l'abdomen) ; ce fait, résultant de plusieurs centaines d'expériences sur les Insectes de tous les ordres, infirme les conclusions de Dutrochet, établies d'après un très-petit nombre d'expériences et affectées d'erreurs dues au procédé physique de mesure de la chaleur. Ces recherches ne méritent pas les éloges que leur donne M. Gavarret (*Traité de la chaleur dans les êtres vivants*).

2° Les larves et nymphes des Insectes à métamorphoses incomplètes se comportent comme les adultes, présentent toujours comme eux une élévation de température au-dessus de l'air ambiant, ou au moins une température égale, en un mot, à masse égale, se trouvent absolument dans les mêmes conditions pour la production de la chaleur propre. Ce résultat avait été énoncé

par Newport comme très-probable, mais sans aucune vérification expérimentale ; je l'ai démontré sur des Forficules, des Courtilières, des Acridiens et des Géocorises (Hémiptères, Hétéroptères).

3° Il n'en est plus toujours ainsi chez les Insectes à métamorphoses complètes. J'ai constaté souvent sur les chenilles à corps lisse que la surface du corps s'abaisse au-dessous de la température de l'air ambiant, ce qui montre que le dégagement de chaleur par la combustion respiratoire peut être insuffisant pour compenser la perte due à l'évaporation superficielle ou transpiration cutanée. Le même fait se présente pour les chrysalides, bien entendu lorsque la température ambiante est assez élevée; l'évaporation cutanée se démontre, dans ce dernier cas, de la manière la plus évidente par les pertes de poids croissantes à la balance de précision, les chrysalides ne prenant pas de nourriture et ne rendant pas d'excréments.

4° Le cocon soyeux ou terreux dont un grand nombre de chrysalides de Lépidoptères ou d'Hyménoptères s'enveloppent sert à empêcher une dessiccation trop rapide de la chrysalide, qui coïncide avec un refroidissement superficiel funeste. En effet, dans un nombre considérable d'expériences, j'ai toujours trouvé que les chrysalides en cocon présentent une notable élévation de température au moment où on les sort de cette enveloppe protectrice ; puis, laissées à l'air, elles perdent peu à peu de leur poids par évaporation et descendent souvent, pour la surface de leur corps, au-dessous de la température ambiante.

5° En hiver, les chenilles rases engourdies et les chrysalides reviennent à la température ambiante ou à de très-faibles excès au-dessus. Les refroidissements superficiels dus à l'évaporation ne se produisent plus dès que la température devient très-voisine de 0 degré, résultat tout à fait conforme aux expériences de la physique. Il arrive souvent que, parmi plusieurs chrysalides de même espèce, placées à côté les unes des autres, il en est qui sont notablement plus chaudes que les autres, absolument dans les mêmes conditions extérieures ; cela indique que le travail de transformation doit s'opérer par intermittences avec des périodes

de repos complet où la température redevient très-sensiblement celle de l'air ambiant. On sait en physiologie que ces intermittences sont fréquentes dans les évolutions organiques.

6° Les expérimentateurs qui m'ont précédé n'avaient pas appliqué leurs méthodes de recherches aux Névroptères, dont les corps grêles et allongés se prêtent peu à ces expériences ; au moyen du thermomètre différentiel à air modifié, j'ai pu constater pour les Libellules, en activité de vol, une chaleur propre superficielle élevée, qui m'a paru un peu inférieure, à poids égal, à celle des Bourdons, et tout à fait analogue à celle des Hyménoptères à corps lisse.

7° Mes expériences comprennent des Insectes hémiptères, négligés jusqu'alors. Les expériences faites sur les Géocorises, il est vrai à des températures extérieures peu élevées, m'ont toujours donné de très-faibles excès de température au dessus de l'air ambiant, paraissant indiquer une chaleur propre bien moindre que pour les Hyménoptères, les Lépidoptères et les Diptères.

8° D'une manière générale, la chaleur superficielle des Coléoptères m'a paru médiocre, résultat auquel, outre l'état de l'appareil respiratoire, doit contribuer l'épaisseur et la faible conductibilité des téguments ; sur des Méloés à corps mou, l'élévation superficielle était assez forte.

9° Les Insectes aquatiques placés dans l'air (Dytiscides, Gyrins, Hydrocorises) se comportent tout à fait, sous le rapport du dégagement de chaleur, comme les Insectes terrestres de même masse, du même ordre et de mobilité analogue, ce qui s'accorde parfaitement avec l'identité du mode de respiration. On sait, de même, que les Mammifères piséiformes, hors de l'eau, ne présentent pas une chaleur moindre que les Mammifères terrestres (résultats de John Davy, Broussonnet, Martine, sur le Lamantin et le Marsouin). Lorsque les Insectes aquatiques demeurent maintenus au sein de l'eau, leur température ne m'a pas paru s'élever au-dessus de celle de l'eau ambiante, phénomène conforme à celui observé par Humboldt et Provençal, puis par Dutrochet, pour les Poissons dans l'eau ; par Berthold et Dutrochet,

pour les Crustacés, Mollusques et Annélides également dans l'eau. Pour les Insectes, il faut reconnaître que ce résultat est entièrement négatif et de peu de valeur, car j'ai constaté sur les mêmes sujets que les aiguilles thermo-électriques, fer et platine, qui constituent l'appareil le plus commode à employer dans ce cas, sinon le seul, ne sont pas assez sensibles pour ces expériences, car elles ne m'ont pas donné de variation de température dans l'air pour les mêmes individus placés ensuite dans l'eau, tandis que l'appareil bismuth-antimoine, impossible à employer dans l'eau, permettait de constater une chaleur propre.

10° Le sexe présente une influence marquée sur le dégagement de la chaleur superficielle dans certains groupes d'Insectes. J'ai reconnu d'une manière incontestable que chez les Bombycides, les mâles sont plus chauds que les femelles, et si, au premier abord, ce fait paraît naturel, en considérant que les mâles, bien plus actifs, offrent une combustion musculaire plus considérable, on aurait pu toutefois penser qu'une compensation pouvait s'établir eu égard à la masse habituellement bien plus forte des femelles. L'expérience seule pouvait décider; les différences sont surtout très-fortes sur les *Bombyx quercûs*, *Aglia tau*, *Liparis dispar*, etc. Peut-être les Phryganes et les Piérides offrent-elles un fait analogue, mais notablement moins marqué. Il faut bien se garder de généraliser ces résultats; ainsi je n'ai constaté aucune relation sexuelle dans mes nombreuses expériences sur la chaleur propre des Bourdons, non plus que sur diverses espèces de Phalénides, de Noctuelles, ni sur les Libellules.

11° Je n'ai pu recueillir, vu la difficulté des expériences sur de si petits animaux, que certains exemples relatifs à la différence des températures selon les régions du corps. Dans les Chenilles, la chaleur n'est pas localisée dans quelques anneaux, mais appartient à tous, ce qui concorde bien avec la dissémination analogue des centres nerveux. Elles affectent d'autant plus l'appareil thermo-électrique qu'un plus grand nombre de leurs anneaux sont en contact avec leurs barreaux. Il en est tout autrement chez les Insectes adultes à locomotion aérienne puissante. La variation de température qu'ils offrent entre le thorax et l'abdomen atteint

des valeurs tout à fait de même ordre de grandeur que l'excès de la température d'une de ces régions sur l'air ambiant et le passage est subit, de sorte qu'on peut dire que le thorax est le siége d'un véritable *foyer calorifique*. Le phénomène est donc d'un ordre tout autre, sous le rapport de ses proportions, que chez les Vertébrés supérieurs. Il est très-notable chez les Bourdons et surtout chez les Sphingides, Lépidoptères à vol si puissant, où ces excès atteignent des valeurs habituellement de 4 à 6 degrés, parfois même 8 à 10 degrés, et sont obtenus dans un temps très-court, presque instantané. Chez les Insectes de vol moyennement énergique, comme les Bombycides dans les Lépidoptères, l'excès thoracique n'est plus que de 2 à 3 degrés; enfin, chez les Insectes à vol très-faible ou nul, il n'y a pas ou très-peu d'excès de température du thorax sur l'abdomen (ex. : Courtilières, Sauterelles). La différence se maintient dans le même sens, à plusieurs reprises, si l'on opère sur le même Insecte, avec l'affaiblissement naturel résultant de la lésion. Il faut bien faire attention que les lésions nécessaires aux expériences n'ont aucunement chez les Insectes les effets graves qu'elles amènent chez les Mammifères. Des Insectes percés d'épingles vivent parfois plusieurs mois, mangent et subissent leurs métamorphoses. On peut donc formuler cette loi générale : *Chez les Insectes doués de la locomotion aériennne, la chaleur se concentre dans le thoraœ en un foyer d'intensité proportionnelle à la puissance effective du vol.*

Il faut remarquer combien les résultats, surprenants par leur puissance, sont conformes aux données anatomiques. Dans le thorax se trouvent à la fois chez l'adulte les forts muscles des pattes et des ailes, ces derniers en contraction énergique lors du vol et siége d'une active combustion ; au contraire, les muscles de l'abdomen sont alors inertes. En outre, suivant l'opinion la plus généralement adoptée (1), l'activité de la respiration est plus grande pendant le vol dans le thorax que dans l'abdomen, l'Insecte respirant surtout par les stigmates du thorax quand il vole,

(1) Il en découle une vérification indirecte précieuse.

et par ceux de l'abdomen lorsqu'il est en repos. Enfin, l'excès calorifique du thorax sur l'abdomen est sans doute lié aussi à la prédominance et à la concentration des ganglions nerveux thoraciques comparativement aux ganglions abdominaux.

Au reste, il est aisé de reconnaître combien la conformation anatomique de certains Insectes est adaptée à cette grande différence de chaleur libre entre le thorax et l'abdomen. Si l'on prend les Mammifères et les Oiseaux, qui sont les analogues des Insectes comme perfectionnement des appareils de la vie animale dans l'embranchement des Vertébrés, on trouve partout, perpendiculairement à l'axe du corps, de larges sections où de nombreux troncs vasculaires permettent une rapide propagation de la chaleur avec le sang, ce qui amène l'équilibre à peu près dans toutes les régions. Que l'on prenne au contraire une Guêpe, une Poliste; l'abdomen est uni au thorax par un étroit pédicule. Ce pédicule n'est pas moins étroit et il est très-long chez les Sphex, les Pélopées, avec un gros renflement ovoïde à l'extrémité; il est, on peut le dire, tout à fait filiforme chez les Fènes (Ichneumoniens). Avec quelle lenteur les courants sanguins ne doivent-ils pas se transmettre entre les deux régions par ce détroit si resserré! Comme on comprend que la chaleur développée dans le thorax lors des mouvements du vol doit passer avec difficulté jusqu'à l'abdomen, si même elle y arrive.

Je dois faire observer que ce fait nouveau, qui forme incontestablement le résultat le plus important de mes expériences, a été obtenu par deux méthodes physiques très-distinctes, tantôt à l'intérieur des Insectes, tantôt à l'extérieur, sans lésions, au moyen du thermomètre à mercure pour les gros Lépidoptères et Orthoptères, avec les aiguilles thermo-électriques pour les Bourdons (Hyménoptères), et pour d'autres Insectes. Il atteste de profondes différences entre la circulation des Insectes et celle des animaux supérieurs, chez lesquels la rapidité de la circulation amène un équilibre à peu près complet de la température dans les diverses parties, car les différences observées sont très-faibles vis-à-vis les valeurs absolues.

12° J'ai reconnu de la manière la plus évidente sur les Bourdons et sur les Xylocopes que le dégagement externe de leur chaleur propre est en rapport immédiat avec la production du bourdonnement, la température s'abaisse dès que l'Insecte cesse de bourdonner, se relève aussitôt que reprend le bourdonnement, et cela un grand nombre de fois consécutives; ce fait a été constaté à la pile thermo-électrique et au thermomètre différentiel; or, on sait que l'air sort alors des premiers stigmates trachéens et vient frapper les ailes, et, en outre, il y a une contraction musculaire incessante qui doit s'accompagner d'une combustion. Ce fait est tout à fait lié au précédent.

13° Si la chaleur des Insectes, comme cela est depuis longtemps démontré par Newport, est en raison directe de l'activité des mouvements, j'ai constaté qu'elle est incomparablement plus forte quand l'agitation des membres, des ailes et du corps est le fait propre et volontaire des Insectes, que quand cette agitation provient d'une excitation étrangère qui fatigue l'animal et ne le laisse pas véritablement dans son état normal.

14° J'ai pu pour quelques Insectes de très-forte taille, principalement des larves, mesurer la température interne sans lésions, ce qui est fort différent des anciennes expériences de John Davy, et j'ai constaté des différences considérables entre cette température et celle de la surface, ainsi, environ dix fois plus fortes, différences sans analogie par leur grandeur avec celles des animaux supérieurs et qui dénotent sur les sujets mis en expérience une extrême influence réfrigérante de l'évaporation cutanée.

15° Chez les Arachnides, j'ai trouvé sur les Scorpions une faible chaleur propre, toujours bien éloignée des excès considérables que peuvent présenter dans certains cas des Insectes de même masse. La chaleur propre est également faible chez les Araignées, et j'ai parfois observé sur les Epeires un refroidissement superficiel dû à l'évaporation cutanée.

16° En écartant certaines causes d'erreur, j'ai constaté un dégagement de chaleur propre chez les Myriapodes (genres Lithobie, Polydesme, Géophile, Iule). Il n'existait encore dans la

science, pour les Articulés de cette classe, qu'une seule expérience de J. Davy sur un grand Iule de Ceylan, expérience d'après laquelle il avait annoncé du froid, très-probablement par suite de l'imperfection bien reconnue de sa méthode (*Ann. phys. et chim.*, 2e série, t. XXXIII, p. 192, 1826). Nous ferons remarquer que les animaux de la classe des Myriapodes, longtemps réunie à la classe des Insectes, respirent comme ceux-ci par des trachées, et que, bien que le type de ces Articulés les rapproche des Chenilles, leur peau est coriace et doit s'opposer à une trop forte évaporation. On ne doit donc pas s'étonner de ne pas observer de refroidissement superficiel, comme chez des larves à peau très-molle ou chez des Epeires, et, si un refroidissement superficiel peut souvent être constaté chez des chrysalides, malgré un tégument assez épais, c'est que, dans les Insectes à cet état, la circulation et la respiration presque suspendues ne produisent souvent pas assez de chaleur propre pour contre-balancer la tendance générale des animaux à un refroidissement superficiel par l'évaporation cutanée.

17° Les Cloportes et les Armadilles m'ont présenté un faible dégagement de chaleur propre. Ces Crustacés respirent par des branchies, mais dans l'air. Je n'ai pas constaté de chaleur propre dans des Crevettes de ruisseau (genre *Gammarus*) retirées de l'eau et bien sèches. On sait que d'après le peu d'expériences encore faites sur les Crustacés aquatiques, les auteurs leur assignent la température du milieu ambiant.

18° Il me paraît résulter de tous ces faits ce qui suit : Si l'on considère que certains Insectes, dans les cas de très-grande activité de la fonction respiratoire, peuvent présenter des excès de température très-élevés au-dessus de l'air ambiant, excès considérables surtout si l'on fait attention à ce que, pour des animaux de si petite masse, une notable portion de la chaleur est enlevée par le thermomètre et le milieu ambiant; que, d'autre part, certains groupes d'Insectes, ou les Insectes à l'état de larve ou de nymphe, n'offrent, au contraire, que de faibles excès de chaleur propre, on est conduit à établir pour cette classe d'animaux un groupe spécial, sous le nom d'*animaux à température mixte*, in-

termédiaire entre les *animaux à température constante*, qui sont les Mammifères et les Oiseaux, à part les cas d'hibernation et de très-jeune âge, et les *animaux à température variable*, ne présentant dans toutes les conditions (sauf peut-être des exceptions très-rares et encore mal expliquées) qu'un très-faible excès au-dessus de la température ambiante ; ils comprennent les Reptiles écailleux, les Batraciens, les Poissons et les Invertébrés autres que les Insectes.

Il ne faut pas s'étonner du rang très-élevé que nous assignons ici aux Insectes dans la série animale. On est habitué à regarder les Insectes comme des animaux inférieurs, tout simplement parce qu'ils sont de petite taille et que leurs appareils de la vie organique offrent de profondes différences avec les Mammifères et les Oiseaux. Au point de vue des véritables affinités zoologiques, ce sont les fonctions animales qui doivent assigner aux animaux leur ordre réel. Les Insectes rivalisent pour l'énergie de la locomotion aérienne avec les Oiseaux carnassiers marins, et même on peut dire que certains Diptères l'emportent sous ce rapport. Les sens des Insectes sont excellents ; leur odorat est le plus subtil que l'on connaisse. Les Insectes sont attirés à des distances considérables par l'olfaction. Leur vue n'est pas appropriée aux grandes distances, mais est affectée par des filets de lumière inappréciables pour nous, comme le démontrent les travaux des Insectes dans des cavités obscures. Une étude attentive de ces petits animaux nous amène à la conviction qu'ils représentent dans leur embranchement, et de la manière la plus complète, les Vertébrés supérieurs à température constante.

OBSERVATIONS

SUR

DES CRUSTACÉS RARES OU NOUVEAUX

DES COTES DE FRANCE,

Par M. HESSE.

(Dix-septième article.)

Description d'un nouveau Crustacé type d'une nouvelle famille des *Annélidicoles;* du genre des *Chelonidiformis;* du nouveau genre *Aplopode* et de plusieurs autres Crustacés, encore inédits, appartenant aux genres *Polychliniophile*, *Cryptopode*, *Botryllophile*, *Bothacus*, *Adranesius*, *Lygéphile* et *Doropygus*.

FAMILLE DES ANNÉLIDICOLES.

Genre des CHELONIDIFORMIS.

Chélonidiforme type. — Chelonidiformis typicus (Nobis).

Le Crustacé dont nous donnons, ci-après, la description et pour lequel nous créons une nouvelle famille, ainsi qu'un nouveau genre, appartient à la nombreuse catégorie des *parasites* dont nous avons déjà fait connaître plusieurs espèces inédites.

Jusqu'à ce jour, nous ne les avions rencontrés que sur des Poissons ou des Crustacés, dont ils font habituellement leur proie. Cette fois, c'est sur une Annélide qu'était fixé celui dont nous allons nous occuper.

Cette station, qui est encore nouvelle pour les Crustacés parasites, ne l'est pas pour les *Trématodes* dont nous avons découvert des individus du genre *Cyclatella* sur un *Clymenium tubicole* (1), et il est probable qu'en poursuivant, avec soin, nos

(1) Voyez nos *Recherches sur les Bdellodes ou Hirudinées et sur les Trématodes marins*, p. 81-83, pl. VII, fig. 13-20.

investigations, sur d'autres espèces, nous en trouverons encore d'autres; car il est à remarquer que depuis que l'on s'occupe plus activement qu'on ne l'avait fait jusqu'ici de l'étude de ces Crustacés, leur nombre a considérablement augmenté et cela ne doit pas surprendre, car il paraît certain que la plupart des êtres organisés sont souvent assujettis à payer ce tribut.

Il ne faut cependant pas admettre que tous les individus que l'on trouve fixés sur une autre espèce que celle à laquelle ils appartiennent en soient pour cela les parasites; ni que ceux qui les supportent soient aussi par ce fait, comme les appelle M. Georges Pouchet, dans son cours sur les parasites des animaux domestiques, transformés en *animaux terrains*. Il existe, dans le règne végétal (1) comme dans le règne animal de *faux parasites*, qui s'attachent à des êtres étrangers à leur espèce, sans les mettre à contribution; nous pouvons même citer le curieux exemple d'un Crustacé qui ne sert que de véhicule à un *Bdellode* du genre *Saccobdelle*, appartenant aux *Histriobdellaires* et qui se borne, dans ce cas, à profiter des moyens de locomotion qui lui sont offerts pour poursuivre une proie que, sans ce secours, elles ne pourraient certainement pas atteindre (2), notre *Chélonidi-*

(1) Les Orchidées et les Mélastomacées, parmi les végétaux, sont dans cette catégorie. Elles sont épiphytes, c'est-à-dire qu'elles se fixent simplement sur l'écorce, mais sans y pénétrer pour s'approprier le suc des plantes sur lesquelles elles se placent.

(2) Voici à ce sujet des faits curieux sur lesquels nous nous appuyons pour justifier notre manière de voir.

M. le docteur Daniel, qui s'occupe, avec succès, d'histoire naturelle et qui est chargé de constater les décès qui surviennent par suite de crimes ou d'accidents, ayant été appelé pour examiner le corps d'un noyé, remarqua que ce cadavre était couvert d'une quantité innombrable de Crustacés de deux espèces différentes, qui, dans l'espace d'une quinzaine de jours qu'il était resté submergé, l'avaient rongé d'une manière si extraordinaire que plusieurs parties de cette épave humaine étaient réduites à l'état de squelette, et que l'on voyait pratiquées, dans les portions les plus charnues de son corps, des cavités qui n'avaient pas moins de 4 à 5 centimètres de profondeur.

M. le docteur Daniel voulut bien recueillir, à notre intention, plusieurs individus de ces deux espèces de Crustacés, dont l'une était petite et l'autre beaucoup plus grande.

La petite était la *Nébalie de Geoffroy*, et la grande la *Cirolane* de la Raie (Nobis).

La constatation des habitudes carnassières de ces deux Crustacés fut pour nous une révélation. Nous trouvâmes immédiatement la solution de faits que nous avions observés, mais que nous n'avions pas encore pu expliquer.

Relativement à la *Saccobdelle de la Nébalie* nous disions, p. 52 de nos *Recherches*

forme n'est pas dans cette dernière catégorie, c'est un parasite des plus complets; il prélève directement et à son profit, par la succion, ce qui lui est nécessaire pour sa nourriture.

sur les Bdellodes, que nous ignorions précisément quelle était la nourriture de ces singuliers êtres, mais que leur présence sur le corps d'un Crustacé semblait indiquer, assez clairement, qu'il vivait à ses dépens et que peut-être, comme les *Histriobdelles*, ils devaient se nourrir des œufs des Crustacés sur lesquels ils étaient fixés, bien que cependant nous ne nous rappelions pas avoir constaté que les individus sur lesquels nous les avions trouvés en fussent pourvus.

La découverte inattendue que nous signalons fait cesser toutes les hypothèses et toutes incertitudes sur cette question. Il est maintenant évident que les *Nébalies* étant carnivores, recherchent, pour s'en nourrir, les substances animales, et que conséquemment elles transportent avec elles les *Saccobdelles* qui deviennent ses commensales, et comme elles sont d'une petitesse extrême, 2 à 3 millimètres, et privées d'organes de vision et de locomotion, elles périraient évidemment si elles ne se trouvaient, par le concours de leurs *animaux supports*, mises à même de se procurer leur nourriture; que dire de cette combinaison, dans laquelle un être aveugle et impotent se trouve assisté par un autre qui est doué des organes qui lui manquent? pourrions-nous mieux faire pour nos semblables et ne devons-nous pas être émerveillés en voyant cette sagesse et cette prévision qui, descendant à tous les détails les plus infimes, préside à l'ordre qui règne dans la grande et sublime œuvre de la création.

Relativement à la présence de la *Cirolane de la Raie* sur ce cadavre, nous y trouvons également l'explication d'un fait que nous avons constaté sans pouvoir nous en rendre suffisamment compte. Nous avions remarqué qu'ils étaient gorgés de sang (voyez les *Annales des sciences naturelles*, t. V, p. 250, 251); mais ce liquide devait-il être attribué aux Poissons, sur lesquels nous les avions trouvés, ou avait-il une autre provenance? Maintenant que nous savons que ces Crustacés se nourrissent aussi de cadavres, nous pouvons lui attribuer cette double origine et nous nous rappelons, à cette occasion, que des pêcheurs, en nous les voyant ramasser sur les Poissons, nous dirent que ces Crustacés étaient, pour les personnes tombées à la mer, de redoutables ennemis en ce qu'ils s'introduisaient dans la gorge des malheureux qui se débattaient au milieu des flots et hâtaient ainsi leur asphyxie. Cette observation n'est, selon nous, juste que sur un point seulement, celui de la constatation du fait. Nous voyons bien, et ce que nous avons dit est une nouvelle preuve, que ces Crustacés se fixent effectivement sur le corps des noyés, mais nous ne pouvons admettre qu'ils se trouvent à point nommé, au moment de l'événement, pour en hâter la fatale conclusion. Il est plus probable qu'ils ne viennent que plus tard lorsqu'ils sont attirés par l'odeur pour se repaître des cadavres. Du reste, ils sont extrêmement acharnés à leur proie qu'ils ne quittent même pas après sa sortie de l'eau; leur voracité et leur activité est incroyable et ce sont eux qui, dans le court délai que nous avons indiqué, avaient creusé dans ce cadavre les cavités énormes dont nous avons parlé.

§ 1. — Description.

Mâle inconnu.

La *femelle* (1) a tout au plus 3 millimètres de longueur, sur 1 millimètre de large.

Son corps, qui ne présente aucune division, est de forme ovale et plus étroit à sa partie antérieure qu'à l'extrémité postérieure, il est épais, bombé en dessus, plat et un peu creux en dessous. La peau qui recouvre la partie supérieure du corps est épaisse et couverte de petites protubérances verruqueuses de grosseur inégale, très-rapprochées les unes des autres (2).

Elle est privée d'organes de vision.

En dessous le corps présente les dispositions suivantes :

On aperçoit d'abord le *système buccal* (3) qui est placé à l'extrémité antérieure du corps non loin du bord frontal.

Il se compose premièrement d'une *paire d'antennes* (4) noduleuses, assez longues, composées de six articles plus ou moins distincts, dont le basilaire, qui est le plus gros et le plus long, est terminé par un bord élargi et évasé, destiné à recevoir le deuxième article et à lui faciliter les mouvements de rotation, en divers sens. Le troisième article, ainsi que ceux qui suivent, vont en diminuant de longueur et de calibre, de la base au sommet, et sont hérissés de poils rigides ou d'épines. Les antennes sont appuyées et séparées, à leur base, sur une petite protubérance arrondie qui présente, au centre, une cavité cupuliforme.

La première paire de *patte-mâchoire* (5) est grêle et assez longue. Elle est composée de trois articles : le fémoral qui est large et un peu plus long que les deux suivants, qui sont à peu près d'égale longueur, et terminés par des épines divergentes.

La *bouche* (6) forme un lobe cunéiforme arrondi à son extré-

(1) Planche 1, fig. 1, 2 et 3.
(2) Fig. 22.
(3) Fig. 2 et 4.
(4) Fig. 5 et 6.
(5) Fig. 4 et 5.
(6) Fig. 4, 9 et 10.

mité, qui est perforé d'un orifice rond et denticulé, de chaque côté duquel sont de petites pattes-mâchoires qui sont encore accompagnées d'un autre organe de cette nature, mais plus long, terminé par une pointe.

En dessous et de chaque côté de ces petites pattes-mâchoires sont deux autres paires beaucoup plus fortes et digitées ; enfin, celles-ci sont complétées par des palpes et des mandibules qui, de chaque côté, environnent l'orifice buccal (1).

Tout ce système, déjà assez compliqué, est, en outre, accompagné d'accessoires dont nous allons faire l'énumération et donner la description.

Au-dessus de la bouche se voit une petite cavité formée par un bord saillant, découpé en pointe, au milieu, et qui constitue une sorte de capuchon destiné à servir d'abri au bulbe buccal qui s'y retire au besoin (2).

Enfin, la bouche et ses accessoires sont environnés de lames plates pointues et falciformes (3), au-dessous desquelles on aperçoit une sorte d'appendice, en forme de patte, long, étroit et terminé par une griffe pointue dont les deux extrémités viennent s'opposer l'une à l'autre (4) et former le bord inférieur du système bucal, lequel est, du reste, isolé du thorax par un petit intervalle qui le circonscrit (5).

La *région thoracique* est très-distincte, à raison des limites nettement indiquées par cette petite séparation qui, comme nous l'avons dit, circonscrit la tête et par l'abdomen qui est également parfaitement délimité. Elle présente, latéralement, trois paires de pattes doubles, dont les deux branches sont larges et plates (6), de longueur inégale, l'antérieure excédant un peu celle de l'extérieure, l'une et l'autre terminées par des pointes aiguës et divergentes. Ces pattes, relativement petites, sont espacées de

(1) Fig. 7 et 8.
(2) Fig. 4 et 10.
(3) Fig. 4 et 10.
(4) Fig. 4 et 13.
(5) Fig. 4.
(6) Fig. 2, 12, 14, 15, 16 et 17.

manière que la première soit placée immédiatement en dessous de la tête et les deux autres à une distance égale; de telle sorte que la dernière atteint les deux tiers de la longueur du thorax.

L'*abdomen* (1) est très-nettement circonscrit dans un bulbe saillant, cordiforme, placé au bas du corps, ayant la partie évasée en haut et la plus étroite en bas.

De chaque côté de celle-ci, on aperçoit un appendice cylindrique formant une sorte de goulot terminé par un orifice circulaire, entouré d'un bord corné largement ouvert et pourvu, en dedans, d'une sorte de diaphragme percé au centre d'un trou circulaire. Ce sont les ouvertures vaginales par lesquelles s'accomplissent la fécondation et ensuite la sortie des œufs (2); un peu plus bas, en dessous de ces ouvertures et de chaque côté, on voit des lanières minces, étroites et allongées, et divergentes qui vont en diminuant de largeur de la base au sommet (3).

Enfin, le bord inférieur de ce lobe abdominal est découpé régulièrement et présente, au milieu, une échancrure bidentée. Il est, en outre, bordé, ainsi que les lanières, d'un liséré en relief (4).

L'organisation intérieure de ce Crustacé ne nous est pas apparue avec assez de netteté, à raison de l'épaisseur de son corps, pour que nous puissions en parler avec certitude.

L'intestin prend son origine à l'ouverture œsophagienne et se rend en droite ligne à l'orifice anal. Nous n'avons aperçu aucun organe ni aucune manifestation ayant trait à la circulation.

On voit, au milieu du corps, sous la forme d'un croissant, une masse viscérale, fortement colorée en rouge vif (5).

Les œufs sont disposés de chaque côté de l'abdomen, dans des tubes elliptiques dont la longueur égale environ celle du

(1) Fig. 2 et 18.
(2) Fig. 18, 19 et 20.
(3) Fig. 1, 2, 3, 18 et 21.
(4) Fig. 18.
(5) Fig. 1, 2 et 3.

corps et le diamètre les deux tiers de celle du corps. Ces œufs sont de grosseur moyenne et de forme octogonale.

Coloration. Le corps est d'un blanc sale, transparent, dans toute son étendue. On aperçoit, à travers la peau, le trajet du canal intestinal indiqué par une teinte jaune et celle des viscères par une couleur d'un rouge vif. L'orifice des ouvertures vaginales est cerclé de jaune, couleur de la bordure cornée de ces organes.

Habitat. Trouvé, au nombre de cinq exemplaires, sur un fragment d'une Annélide arénicole des pêcheurs (*Lumbricus marinus* Linné), le 20 février 1868.

§ 2. — Biologie.

Les Annélidicoles sont des Crustacés extrêmement lents et apathiques; leur conformation annonce, du reste, qu'ils ne sont pas destinés à de grandes évolutions pour lesquelles, dans tous les cas, les moyens d'action leur ont été refusés.

Leurs pattes sont extrêmement petites et grêles, et insuffisantes pour les transporter, avec rapidité, d'un point à un autre. C'est à peine si elles peuvent les aider à soulever leur corps, qui, à raison de son épaisseur, est difficile à mouvoir; aussi ces animaux se bornent-ils à exécuter, très-lentement, un mouvement de reptation, qui est à peine apparent.

Le corps est recouvert d'une peau épaisse, verruqueuse et très-peu flexible. Sa forme hémisphérique et bombée en dessus les assujettit aux mêmes inconvénients qu'éprouvent les Chéloniens auxquels nous les avons comparés, qui, une fois renversés sur le dos et lorsqu'ils sont sur un plan uni, ne peuvent se retourner, leurs pattes étant trop faibles et trop courtes pour atteindre le terrain et leur donner le moyen de se replacer sur la face ventrale.

Les pattes thoraciques étant, comme nous l'avons déjà dit, peu propres à la locomotion, le sont encore moins à la préhension; et dès lors, on le voit, il faut cependant, et cela est tout à fait indispensable, que ces Crustacés aient des moyens puissants de fixation pour s'attacher à leurs proies; attendu que celles-ci,

par leur manière de vivre, sont plus que toutes autres sujettes à des contacts qui les aideraient à se débarrasser de leur parasite s'ils n'étaient pas solidement cramponnés à leurs victimes (1).

Les Annélides sur lesquelles ils habitent, en pénétrant dans le sable ou dans les interstices de rochers, froissent nécessairement toutes les parties de leur corps et conséquemment tendent à en enlever tous les objets qui font saillie et qui n'y seraient pas solidement attachés. Aussi est-il suppléé à l'insuffisance des pattes thoraciques par une conformation exceptionnelle et parfaitement appropriée à ces fonctions, des organes qui environnent l'orifice buccal. On voit, en effet, à leur nombre et à la disposition des pattes-mâchoires, jointes à la présence d'appendices plats falciformes, terminés par des pointes aiguës, que ces instruments, convenablement manœuvrés, doivent pénétrer profondément dans les tissus et y créer un point d'attache très-solide ; de plus la petite protubérance arrondie, ampuliforme, par laquelle vient s'appuyer la base des antennes, peut bien fonctionner comme une ventouse dont elle a la forme, et concourir à ce résultat. Nous avons, du reste, constaté l'efficacité de ces moyens de fixation, lorsque nous avons voulu détacher ces parasites du corps de l'Annélide sur laquelle ils étaient fixés ; nous avons alors éprouvé une certaine résistance qui se manifestait, en outre, par un petit bruit de crépitement semblable à celui que nous avons entendu aussi lorsque nous essayions d'arracher des branchies du homard les *Nicothoes* qui les habitent, bruit que nous comparons à celui que produit un fil lorsqu'on le casse, ou à celui d'une étincelle extraite d'une machine électrique.

(1) Les Crustacés parasites sont généralement plus circonspects dans le choix de leur position sur leurs proies ; on n'en voit pas, par exemple, se fixer sur le corps du *Congre* (*Murena Conger*), parce que ce Poisson, qui vit dans les cavités des rochers, et y pénètre souvent de vive force, en s'enlevant des portions assez grandes de la peau, les broieraient dans des contacts aussi violents ; tandis qu'au contraire plusieurs Crustacés parasites habitent ses branchies. Ceux que l'on trouve à l'extérieur se placent généralement sur la tête des Poissons où ils sont moins exposés aux chocs, comme les *Cymothoadiens*, ou bien ils se logent sous les écailles comme notre *Léposphile*, ou ils sont si plats, comme les *Caligiens* et les *Trébiens*, qu'ils se collent à la peau et font corps avec elle.

Enfin, on voit, par une disposition spéciale de la tête et de l'appareil buccal, qui sont séparés du thorax par une sorte d'articulation, qu'elle peut, dans son ensemble, former comme une ventouse circulaire qui agit comme celle que les vers trématodes des genres *Phylonella*, *Placunella* et *Trochopus*, portent à leur extrémité inférieure.

Il est peu de Crustacés, qui, d'abord, à raison de leur petite taille et ensuite par leur conformation, soient plus difficiles à examiner au microscope que celui-ci; outre l'épaisseur du corps, qui est déjà un obstacle, sa forme contribue beaucoup aussi à contrarier ces explorations.

En effet, ces parasites ayant une forme hémisphérique, il en résulte que lorsqu'ils sont sur le dos, qui est le point culminant du corps, au lieu de s'étaler sur le porte-objet, comme cela a lieu ordinairement, ils n'en présentent que les bords et les extrémités qui sont relevés, conséquemment des surfaces obliques qui dénaturent complétement la perspective.

Il faut aussi, pour aider à la transparence, une couche d'eau plus profonde que d'habitude, laquelle empêche de descendre la lentille assez près pour qu'elle soit rendue au point nécessaire pour apercevoir nettement les détails, sans la submerger; de sorte que, malgré tout le soin que nous avons pu apporter dans nos observations, nous ne sommes pas encore très-certain de leur résultat. Aussi, bien que nous ayons fait de la tête, vue en dessous, un grand nombre de dessins, afin de nous donner le moyen de nous contrôler, nous n'avons pu arriver à en trouver deux qui fussent exactement semblables. Nous ne donnons donc ceux auxquels nous nous sommes arrêté que sous une certaine réserve. Nous sommes positivement sûr de la partie antérieure de la tête et des organes qui en font partie, ainsi que la conformation de la bouche; mais il pourrait bien se faire que la partie inférieure ne fût pas complétement exacte.

Comme ce Crustacé est encore rare et que nous tenions à le conserver, nous n'en avons sacrifié qu'un seul, pour tâcher de faire cesser nos incertitudes sur plusieurs de ses détails anatomiques. Nous l'avons soumis à l'action du compresseur, mais ce

moyen ne nous a qu'imparfaitement réussi, la diffluence ne nous a pas permis de profiter de cette ressource à laquelle nous avons cependant eu recours bien souvent avec succès.

§ 3. — Systématisation.

Il nous paraît bien difficile, lorsque l'on a affaire à des espèces tout à fait nouvelles et qui s'écartent des types déjà connus, lorsque surtout on n'en a pas trouvé les mâles, qui généralement conservent plus intégralement leurs formes primitives, de pouvoir leur assigner une place convenable dans la classification.

Notre *Annélidicole* est dans ce cas; elle diffère tellement des espèces déjà décrites que nous nous trouvons fort embarrassés pour la caser.

Parmi les Crustacés auxquels nous la comparons, nous trouvons que celui avec lequel elle a le plus de rapport est le *Buporus Loveni*, décrit par M. Thorell, dans son remarquable ouvrage sur les Crustacés qui habitent les Ascidiens (1).

Si nous rapprochons, en effet, le dessin vu de profil, de notre *Chelonidiformis*, de celui que ce savant naturaliste a donné de son *Buporus*, et dans la même position, nous trouvons, surtout à la première inspection, des points de conformité qui sont assez manifestes, dans la forme du corps et dans l'absence d'organes de vision, dans celle des pattes et de leur disposition; mais là cessent les points de ressemblance, les antennes (2), les pattes-mâchoires, l'abdomen, sont différents et les pattes thoraciques ne sont qu'au nombre de trois paires dans notre espèce au lieu de quatre. L'abdomen surtout n'a aucun rapport avec celui de notre Crustacé, dont les œufs sont expulsés au dehors, après la fécondation, tandis que dans les *Buporus* ils ne sont incubés que dans l'intérieur du corps et n'en sortent qu'à l'état de larves;

(1) *Bidray till Kännedomen om Krustacem som lefra i arter of slägtet ascidia*, I. of T. Thorell.

(2) La figure 14 B, que donne M. Thorell dans la planche X de son atlas, dont tous les dessins sont admirablement exécutés, nous porte à croire que son *Buporus* n'a qu'une seule paire d'antennes, comme le nôtre, et que celle qu'il regarde comme une seconde paire n'est qu'une patte.

enfin l'habitat est tout à fait différent, puisqu'il a été trouvé dans l'intérieur de la cavité respiratoire des Ascidies, tandis que les nôtres sont fixés à l'extérieur sur le corps des Annélides (1).

Malgré ces différences, qui font de ces Crustacés deux espèces bien distinctes, nous croyons que ce sont encore celles qui se rapprochent le plus l'une de l'autre.

Voici comment nous caractérisons notre nouvelle famille :

FAMILLE DES ANNÉLIDICOLES.

Mâle. Inconnu.

Femelle. Corps épais, bombé en dessus, creux en dessous, sans articulation. Tête sans yeux. Antennes simples, noduleuses, composées de six articles. Pattes-mâchoires au nombre de trois ou de quatre, de différentes grandeurs. Bouche petite, conique, accompagnée de mandibules. Pattes thoraciques au nombre de trois paires, biramées. Abdomen saillant, cordiforme, ouvertures matricales très-grandes. OEufs renfermés dans deux tubes gros et ovales.

Genre CHÉLONIDIFORME.

Mâle. Inconnu.

Femelle. Corps sans articulations, épais, hémisphérique, bombé en dessus, plat et un peu creux en dessous, plus étroit à sa partie antérieure. Antennes simples, noduleuses. Six articles inégaux et de grandeurs différentes. Tête petite, sans yeux, nettement circonscrite en dessous par un intervalle qui la limite. Premieres paires de pattes-mâchoires longues, terminées par des pointes aiguës. Bouche petite, triangulaire, accompagnée de mâchoires digitées et entourée de lames plates falciformes et

(1) Il est très-possible, comme le dit M. Thorell, que les œufs du *Buporus* subissent dans le corps de la femelle toutes les phases de l'incubation : « Ova intra corpus matris » usque ad maturitatem servantur » (page 61) ; mais comme ce savant professeur a été obligé de recourir à des moyens violents pour extraire de leur enveloppe ces larves, « pullus ex matrice excisus » (p. 64) et pour retirer du corps de la femelle les œufs qui y étaient renfermés, « nisi quod vexata ova parere » (p. 64), peut-être que si les choses s'étaient accomplies naturellement les œufs auraient pu être placés, comme dans notre espèce, dans des tubes ovifères.

aiguës. Pattes thoraciques au nombre de trois paires, petites, plates, biramées, de grandeur inégale, terminées par de petites pointes aiguës.

Habitat. Vit fixé sur le corps des Annélides.

EXPLICATION DE LA PLANCHE 1.

Fig. 1. La *Chélonidiforme type.* Femelle amplifiée 25 fois, vue en dessus.

Fig. 2. La même, vue au même grossissement, montrant la position de ses antennes, de sa bouche, de ses pattes thoraciques, de son abdomen et de ses tubes ovifères.

Fig. 3. La même, vue de profil, pour montrer l'épaisseur du corps.

Fig. 4. Tête extrêmement grossie, vue en dessous, montrant le bord frontal retourné en dessous. La paire d'antennes noduleuses dont la base est appuyée sur une petite protubérance arrondie et cupuliforme; en dessous et latéralement une paire de pattes longues et grêles terminées par des pointes fines et aiguës, à la base desquelles on aperçoit une sorte de capuchon sous lequel s'abrite la bouche. De chaque côté de celle-ci, on voit de petites pattes-mâchoires dont la plus grande est digitée. En dessous et autour on remarque des lames plates falciformes et aiguës; plus une sorte de patte longue étroite et arrondie terminée par une forte griffe. Enfin, un peu en dessous, une légère séparation qui limite le bord inférieur de la tête; finalement viennent les premières pattes thoraciques.

Fig. 5. Antenne, très-grossie, accompagnée de la première patte-mâchoire.

Fig. 6. Antenne, très-grossie, vue isolément.

Fig. 7. Palpe et mandibule.

Fig. 8. Mâchoire isolée et très-grossie.

Fig. 9. Extrémité de la bouche, vue de profil.

Fig. 10. Bouche très-grossie, accompagnée des organes qui l'avoisinent.

Fig. 11. Bouche, relevée du côté du bord frontal, également très-amplifiée, vue en dessous.

Fig. 12. Patte accessoire placée à la base du système buccal.

Fig. 13, 14, 15 et 16. Pattes thoraciques, vues sous divers aspects.

Fig. 17. Même patte soumise à l'action du compresseur.

Fig. 18. Abdomen très-grossi, montrant de chaque côté les deux tubes et l'ouverture ciculaire des oviductes, et plus bas le bord inférieur de cette partie du corps qui est terminée par deux lanières latérales et divergentes et par une échancrure bidentée.

Fig. 19 et 20. Les tubes ovifères détachés de l'abdomen, très-grossis, vus de profil et de face, montrant une sorte de diaphragme intérieur percé d'un trou circulaire.

Fig. 21. Lanière ou appendice terminal de l'abdomen, très-grossi, montrant les parties dont il est composé et le liséré qui le borde.

Fig. 22. Portion du tissu verruqueux, très-grossi, qui recouvre la partie supérieure du corps du *Chélonidiforme type.*

DESCRIPTION D'UN NOUVEAU GENRE

DE CRUSTACÉS HABITANT LES ASCIDIES

ET DE QUELQUES ESPÈCES DU MÊME GROUPE.

Nous donnons, ci-après, la description d'un *nouveau genre* de Crustacés appartenant à ceux qui habitent les Ascidies simples et composées, et nous profitons de cette occasion pour en faire connaître d'autres espèces qui doivent être ajoutées à celles que nous avons déjà publiées.

Genre APLOPODE (1) (Nobis).

Aplopode roux. — Aplopode rufus (Nobis).

Le petit Crustacé qui sert de type au genre que nous établissons pour lui ressemble beaucoup par ses formes et aussi par sa manière de vivre à ceux que nous avons classés dans nos genres *Plantipode*, *Adranesius*, *Mucophile* et *Biocrypte ;* il s'en distingue spécialement par la composition de ses pattes thoraciques qui au lieu d'être doubles ou biramées sont simples ; de là le nom que nous lui avons donné.

Mâle. Inconnu.

La *femelle* n'a pas plus d'un millimètre et demi de hauteur sur un demi-millimètre de largeur. Son *corps* est cylindrique et trapu, un peu moins large à ses extrémités qu'au milieu.

Sa *tête*, vue en dessus, est presque triangulaire, elle est large à sa base et arrondie à son sommet qui forme le bord frontal, de chaque côté duquel on aperçoit une petite *paire d'antennes*, grosses, courtes, cylindriques, divisées en trois anneaux, à peu près égaux. Le dernier, terminé en pointe, porte quelques poils rigides à son extrémité.

(1) Ἁπλόος, simple ; πούς, pied.

La *tête* porte à son sommet, près du bord frontal, un *œil* médian très-gros.

Le *thoraæ* est divisé en quatre anneaux assez distincts et de la même grandeur.

L'*abdomen* est, à lui seul, plus long que les quatre anneaux, même en y joignant la tête. Il est un peu comprimé latéralement, puis il s'élargit pour diminuer à son extrémité inférieure, qui se termine en pointe arrondie.

On remarque aussi, à cette extrémité, deux pointes courtes, coniques, aiguës, d'une substance cornée et transparente, qui sont réunies entre elles par une sorte de membrane échancrée au milieu, laissant conséquemment en saillie, des deux côtés, les points en question.

Vu en dessous, on aperçoit immédiatement, après les antennes, une paire de pattes-mâchoires, très-courtes, triangulaires, larges et fortement attachées à leur base, terminée par une griffe crochue.

Au milieu, et entre ces deux pattes, se trouve la *bouche* qui se compose d'un labre supérieur et inférieur, et, latéralement, deux petites pattes-mâchoires accompagnées de mandibules denticulées, qui, par leur agencement, forment un orifice circulaire.

Les *pattes thoraciques*, au nombre de quatre, sont fixées à autant d'anneaux. Elles sont simples, très-robustes, larges, plates latéralement, triangulaires, très-fortement fixées à leur base et terminées par une griffe très-puissante, légèrement recourbée en crochet et à pointe mousse.

Nous n'avons pas aperçu les *œufs*, mais les ovaires, placés chaque côté du corps, se distinguaient facilement par la teinte plus foncée qui en indique la forme et le trajet.

Coloration. La tête est blanche, le reste du corps est de couleur cannelle et les oviductes sont de couleur rouille très-foncée.

Habitat. Nous avons recueilli plusieurs exemplaires de ce Crustacé, le 18 mars 1868. Ils étaient renfermés dans une Ascidie sociale recouverte d'une enveloppe de couleur violette brunâtre. Les Ascidies étaient d'un jaune d'or très-vif au centre, terminés, au sommet, par une couleur vermillon foncé. Les

mouvements de ces Crustacés sont lents, ils rampent sur le fond; il faut évidemment un corps mou, dans lequel ils puissent enfoncer leurs griffes, pour qu'ils puissent avoir un point d'appui et progresser. Sous ce rapport, ils sont parfaitement placés dans l'intérieur des Ascidies.

Genre APLODE (Nobis).

Systématisation.

Corps court et cylindrique de la même grosseur dans toute son étendue, mais se terminant en pointe arrondie à ses deux extrémités. Tête triangulaire, œil médian. Thorax divisé en quatre anneaux de même dimension. Abdomen plus long que la tête et ses anneaux ensemble. Antennes courtes cylindriques. Bouche tubiforme entourée de pattes-mâchoires. Pattes-mâchoires et thoraciques, simples, plates, triangulaires, terminées par une griffe, assez forte. Deux pointes aiguës à l'extrémité de l'abdomen.

Habitat. Vit dans l'intérieur des Ascidies sociales.

Polychliniophile semblable. — *Polychliniophile similis* (Nobis).

Mâle. Inconnu.

La taille de la femelle tient le milieu entre celle de notre *Polychliniophile corisoforme* (1) et celle de la *Forficule* (2).

Elle a environ un millimètre et demi de longueur, sur un demi-millimètre de largeur, mais elle se rapproche davantage, pour la forme générale, du corps de la première.

La *tête* n'est pas allongée, comme dans le *Corisoforme*, mais arrondie comme dans la *Forficule;* le corps est ovale, divisé en un grand nombre d'anneaux qui ne sont pas très-distincts, mais que l'on peut néanmoins apercevoir à raison des échancrures arrondies qu'ils produisent sur les bords du corps.

(1) *Annales des sciences naturelles*, 5e série, t. I, 1864, p. 343-345, pl. 11, fig. 14-22.

(2) *Annales des sciences naturelles*, 5e série, 1868, t. IX, p. 57-59.

Les *antennes* sont plus longues que dans le *Corisoforme* et un peu plus courtes que dans la *Forficule*, dont elles se rapprochent beaucoup pour les nombreuses divisions et les épines dont elles sont hérissées.

Les *prolongements abdominaux*, qui sont si remarquables dans les deux espèces précitées, existent aussi chez celle-ci, mais au lieu d'être en lozanges et droits, comme dans la première, ou falciformes et recourbés en dedans comme dans la deuxième, ils ont une tendance à se retourner en dehors. Ils sont aussi plus larges que dans la *Forficule* et, de plus, ils présentent, aux deux tiers de la longueur, du côté de l'extrémité inférieure, une pointe divergente qui part du bord extérieur.

La *première patte-mâchoire* est très-longue et très-mobile; ce Crustacé s'en sert pour appréhender les objets et les attirer à lui; les *pattes thoraciques* sont courtes, très-fortes et armées de trois griffes puissantes et crochues.

Le *bulbe buccal* est très-saillant et arrondi au bout, il est composé d'une mâchoire supérieure, très-forte, d'un labre inférieur qui est également très-robuste, et de mandibules latérales denticulées. L'orifice buccal est arrondi et contractile.

Ce Crustacé est, comme ses congénères, très-souple et très-lent dans ses mouvements. Il s'allonge et se raccourcit avec facilité, et se cambre et se recourbe en arrière, de manière à faire toucher ses deux extrémités.

Coloration. La tête, les pattes et les bords du corps sont blancs. L'œil situé à la base de celle-ci est d'un rouge carmin très-vif. Le corps, moins les bords extérieurs, est d'un rouge de Saturne très-éclatant.

Habitat. Trouvé, un seul exemplaire, le 4 mars 1868, dans un Polychlinium fixé sur une roche du Port-Napoléon.

Cryptopode étroit. — *Cryptopode angustus* (Nobis).

Il se rapproche beaucoup, pour la forme, de notre *Cryptopode épais*, si ce n'est que, comme l'indique le nom que nous lui donnons, il est infiniment plus étroit que celui-ci.

Le *mâle*, qui est à peine visible à l'œil nu, ressemble, pour l'aspect du corps, aux *Monocles* avec lesquels il serait facile de le confondre, au premier aperçu, si on ne le trouvait mêlé aux femelles de son espèce, conséquemment renfermé dans le lieu limité qu'elles habitent, mais surtout à raison des caractères de conformation qui leur sont propres et qui les distinguent facilement des Crustacés auxquels nous les comparons.

Le *mâle* n'offre aucune différence appréciable, relativement à la conformation de ses organes; et, sous ce rapport, la description que nous avons donnée du *Cryptopode épais* lui convient parfaitement. Nous nous bornerons donc à y renvoyer (1).

La *femelle* est un peu plus grande que celle du *Cryptopode épais;* son bord frontal, au lieu d'être carré, comme dans l'autre espèce, est, au contraire, très-arrondi, et les *antennes* le sont également et composées de trois articles, dont le basilaire est le plus long, et le dernier, le plus petit, est terminé, à son sommet, par des poils rigides.

Les *anneaux du corps* sont aussi beaucoup plus étroits et plus arrondis et étranglés à leur point de jonction, qui est aussi bien plus distinct; enfin le dernier anneau thoracique présente, latéralement, de chaque côté de son bord inférieur, deux expansions plus longues, plus étroites et moins divergentes.

L'*abdomen*, de forme pyramidale, est composé de cinq anneaux très-distincts et allant en diminuant de dimension, de la base au sommet. L'extrémité est terminée par deux appendices plats et arrondis qui, néanmoins, sont quelquefois terminés en pointe.

La première *patte-mâchoire* est préhensile; elle est composée de trois articles terminés par une griffe crochue, qui se rabat sur l'article basiliaire, lequel présente, à cet effet, une petite cavité pour la recevoir.

La troisième patte est scutiforme au sommet, lequel est denticulé.

(1) Voyez ce que nous avons dit de ce genre de Crustacé, dans les articles précédents insérés dans les *Annales des sciences naturelles*, 1865, t. IV, p. 237-244, pl. 7, de 3 A à 3 H.

Les *pattes thoraciques* sont cylindriques, terminées par une forte griffe rétractile; elles se logent, une fois contractées, dans une petite cavité formée par une expansion membraneuse.

Les *tubes ovifères* sont particulièrement remarquables par leur étroitesse, et, sous ce rapport, ils se distinguent de ceux des autres espèces dans lesquelles ils sont, au contraire, très-larges, et présentent plusieurs rangées d'œufs de front; tandis que dans notre *Cryptopode étroit* les tubes cylindriques n'en contiennent que deux, et encore sont-ils intercalés les uns dans les autres de manière à se loger dans un tube cylindrique d'un faible diamètre. La longueur de ces tubes atteint les deux tiers de la longueur du corps.

La *femelle*, lorsqu'elle n'est pas complétement adulte, et qu'elle n'a pas encore eu d'œufs, est beaucoup plus courte et plus trapue que lorsqu'elle est adulte. Sa *tête* est alors complétement ronde et relativement petite; et les expansions latérales du dernier anneau thoracique sont bien plus écartées et plus divergentes.

Enfin, chez les femelles encore plus jeunes que celle que nous venons de décrire, les expansions latérales de l'abdomen sont quelquefois terminées par une pointe aiguë.

Coloration. Le *mâle* est d'une coloration verte très-claire avec une raie rouge au milieu.

La *femelle adulte* est d'un jaune citron vif avec une raie rouge au milieu.

La *femelle jeune*, avant sa fécondation est d'un jaune plus foncé; elle porte, sur le milieu du dos, deux larges bandes rouge vermillon qui descendent parallèlement de la base de la tête jusqu'à l'avant-dernier anneau abdominal, laissant, entre elles, un espace qui est jaune, comme le reste du corps.

Les yeux du mâle et de la femelle adulte et du jeune sont d'un rouge pourpre très-foncé.

Habitat. Trouvé, le 12 octobre 1868, dans une Ascidie composée, de forme sphérique, d'un jaune verdâtre sale, recouverte d'un peau molle et épaisse.

Les mâles de notre Cryptopode sont, comme nous l'avons dit,

presque imperceptibles à l'œil nu; ils sont très-vifs et très-agiles, nageant avec une très-grande facilité; tandis que les femelles sont inertes, se meuvent lentement et sont réduites à se traîner péniblement, à moins qu'elles n'aient le moyen de pouvoir, en s'accrochant à l'aide des griffes dont sont pourvues leurs pattes, se pousser en avant.

Botryllophile armé. — *Botryllophilus armatus* (Nobis) (1).

Mâle. Inconnu.

La *femelle* a deux millimètres de hauteur sur un demi-millimètre de largeur; son *corps* ramassé et trapu, vu de profil, paraît ovoïde et ses anneaux sont peu distincts. Il est armé, à sa base, de deux appendices styliformes terminés par trois épines longues et aiguës, celle du milieu surtout, qui dépasse les deux latérales de deux fois leur dimension.

Les *antennes* sont, relativement, grêles et petites; il en est de même de la première *patte-mâchoire*, mais la première *patte thoracique* qui est simple, est, au contraire, très-forte et armée d'une griffe puissante; et ce qui distingue cette espèce des autres, c'est que les deux extrémités des pattes biramées sont armées de fortes griffes crochues et divergentes au nombre de quatre sur chaque tige, sans compter celles qui sont placées latéralement.

L'*abdomen* est robuste est assez long; il est terminé par deux appendices plats et qui sont armés chacun de quatre fortes griffes très-crochues.

Coloration. Ce Crustacé était presque mort lorsque nous l'avons recueilli; il avait pondu ses œufs, de sorte qu'il ne contenait plus de matières chromulaires dans le corps, que celles qui étaient restées dans le canal intestinal et qui étaient rouges. L'œil est de cette couleur et le corps était entièrement d'un blanc pâle mat, piqueté de points jaunes et rouges.

(1) Voyez ce que nous avons déjà dit de ces Crustacés dans les *Annales des sciences naturelles*, 1864, t. I, p. 345-348, pl. 12, fig. 1 à 12, et l'appendice à cet article, 1866 t. VI, p. 79-80 et 85, pl. 2, fig. E, E 7.

Habitat. Trouvé, le 17 mars 1868, au nombre de deux exemplaires, dans l'intérieur d'un *Botrylle* fixé sur la fronde d'un *Fucus vesiculosus*.

Botryllophile pourpre. — *Botryllophilus purpurescens* (Nobis).

Mâle. Inconnu.

La *femelle* est de moitié plus petite que la précédente; elle n'a qu'un millimètre environ de longueur, sur un tiers de millimètre de largeur; aussi est-il très-difficile de l'apercevoir sans le secours de la loupe. Elle ressemble, par l'ensemble des formes, aux autres Crustacés de la même espèce que nous avons déjà décrits. Vu de profil, son *corps* a une forme ovoïde, assez allongée, son *abdomen* est relativement long et grêle et ses *antennes* sont, au contraire, courtes et grosses; mais ce qui la distingue surtout de ses autres congénères et particulièrement du *Botryllophile armé*, c'est que ses pattes thoraciques, au lieu d'être garnies de griffes puissantes, le sont de tiges minces et pennées. Les deux appendices pointus qui sont à la base du thorax sont très-petits dans cette espèce.

Nous avons trouvé, avec ce Crustacé, un autre de moitié plus petit, c'est-à-dire ayant tout au plus un demi-millimètre de long; que nous croyons être une jeune femelle n'ayant pas encore subi sa dernière transformation.

Vue en dessus, sa forme était ovale. Le bord frontal arrondi, à son sommet, s'avançait, et, des deux côtés, laissait apercevoir une paire d'antennes très-courtes, cylindriques, terminées en pointe.

Les *pattes thoraciques* étaient larges et courtes, biramées et terminées en pointe.

L'*abdomen* large et court faisait suite au *thorax*, sans transition brusque ni diminution sensible de largeur. Son extrémité bifurquée présentait deux appendices pourvus de pointes.

Coloration. La femelle adulte, ainsi que la jeune, sont toutes deux d'un vermillon très-éclatant au milieu du corps, qui, d'un bout à l'autre, est de cette couleur, encadrée dans une large bordure blanche.

Habitat Trouvé, le 8 mars 1868, dans un *Botrylle*, d'un brun vineux, tacheté de blanc, qui était fixé sur le tube parcheminé d'une Annélide tubicole.

BOTRYLLOPHILE COURT. — *Botryllophilus brevis* (Nobis).

Mâle. Nous n'avons aperçu qu'un instant le mâle de cette espèce, et conséquemment très-imparfaitement, attendu qu'en voulant le placer sous le microscope, nous l'avons perdu par accident. Il était d'une petitesse extrême, il avait le corps très-grêle et très-allongé.

La *femelle* est presque imperceptible à la vue, elle n'a pas plus d'un tiers de millimètre de longueur. Son *corps* est court, ramassé et presque en boule.

Les *pattes thoraciques* sont très-grosses et très-fortes, biramées. La branche externe est armée d'une griffe puissante, et la rame interne est arrondie et bordée de griffes longues et minces.

L'*abdomen* est court et d'une assez forte largeur. Les appendices qui le terminent sont garnis de quatre griffes droites et divergentes. Les *antennes* et la première *patte-mâchoire* sont faibles et relativement petites. Les *antennes* sont armées de pointes aiguës, recourbées en dedans en forme de croc.

Coloration. Le corps est d'un jaune clair assez brillant, l'intestin et l'œil sont d'un rouge pourpre très-vif. Les œufs, qui étaient encore à l'état d'incubation renfermés dans le corps, étaient d'un vert très-foncé.

Habitat. Je n'ai trouvé, le 8 mars 1868, que deux individus de cette espèce, le mâle et la femelle, dans un Botrylle d'une couleur rouge éclatante, dans le tissu de laquelle on apercevait des points oblongs, jaune orangé. Elle était étalée sur la coquille d'un *Pecten opercularis.*

Avant de faire la description des deux espèces dont nous allons nous occuper, nous pensons qu'il serait utile d'établir dans le genre des *Botachiens*, créé par M. Thorell, une séparation qui

nous semble justifiée par un caractère assez important pour légitimer cette division.

L'abdomen du *Botachus cylindratus*, décrit par ce savant naturaliste, est terminé par des appendices qui sont, non-seulement pointus, « appendices abdominis in apice aculeis armatæ », mais nous pourrions même dire crochus et recourbés, en forme de griffes (1), « in apice aculeis 2 fortibus *deflexis* armatæ, » tandis que, dans nos espèces, l'extrémité de l'abdomen, divisé en quatre appendices cylindriques, présente, à l'extrémité des deux plus gros, une forte épine droite à pointe mousse, et des deux plus faibles, des poils longs et divergents. Enfin, au milieu et entre ces quatre appendices, on aperçoit quatre griffes d'égale longueur, mais légèrement recourbées en dedans, comme dans notre *Botachus Macroone*, tandis que dans notre *Botachus fulvus*, cette division de l'extrémité de l'abdomen en quatre appendices existe bien ; mais les deux appendices latéraux, qui sont les plus forts, sont armés chacun d'une longue épine droite et les deux plus faibles, qui sont au milieu, n'ont qu'une seule épine plus longue, plus mince et recourbée au bout ; de sorte que dans le *Botachus cylindratus* de M. Thorell, l'extrémité du corps me paraîtrait, à raison des appendices, armés d'épines crochues, pouvant se rabattre sur le bord de la cavité cupuliforme qui le termine, plus propre à la préhension que dans nos espèces, où les appendices armés de griffes droites et à pointes mousses nous semblent destinés, de préférence, à favoriser la propulsion. On pourrait donc établir la distinction suivante :

Genre *Botachus* (Thorell).	Extrémité de l'abdomen terminée de manière à favoriser :	A. La préhension.	B. *Cylindratus*.	
		B. La propulsion..	B. *Macroone*.	
			B. *Fulvus*.	

B. Extrémité de l'abdomen terminée de manière à favoriser la propulsion.

(1) Voyez le mémoire de M. Thorell, *Bidrag till Kännedomen om Krustaceer som lefva i arter af Slägtet ascidia*, p. 54-55, pl. IX, fig. 12 A, 12 F 4, 12 F 5.

BOTACHUS MACROONE. — *Botachus macroone* (Nobis).

Mâle. Inconnu.

La *femelle* est presque invisible sans le secours d'une loupe ; elle n'a guère qu'un millimètre de longueur sur un quart de millimètre de largeur ; son corps est cylindrique et d'une grosseur uniforme dans toute la longueur du *thorax*, qui est divisé, y compris le *bouclier céphalique*, en cinq parties dont le dernier anneau est, à lui seul, plus long que la totalité de ceux qui le précèdent.

L'*abdomen* est également cylindrique et quoique de moitié moins large que le *thorax*, il est, à peu près, du même calibre dans toute son étendue, sauf l'extrémité, qui est très-étroite. Il est divisé en quatre anneaux, dont les deux du milieu sont les plus grands.

On aperçoit, à la base de l'abdomen du côté du ventre, un petit appendice arrondi, armé de trois poils longs et rigides ; les autres organes n'offrent rien de particulier, si ce n'est la disposition terminale de l'extrémité abdominale, qui, comme nous l'avons dit, est divisée en quatre appendices cylindriques, dont les deux latéraux, qui sont les plus gros, sont armés de deux fortes pointes mousses. Les deux du milieu, les plus minces, sont garnis de poils longs et divergents, et au centre de ces quatre appendices sont fixées quatre griffes minces et d'égale longueur légèrement recourbées au bout.

Les *œufs* sont, relativement, extrêmement gros ; nous n'en avons compté que huit ou dix dans un espace où, chez d'autres espèces, il y aurait pu y en avoir le double ou le triple.

Coloration. Le corps est d'un jaune pâle, brillant ; le tube intestinal, qui se rend en droite ligne de la bouche à l'orifice anal, est coloré en jaune orangé avec des portions rougeâtres. Les œufs, qui sont placés au-dessus de l'intestin du côté du dos, sont d'une belle couleur verte foncée ; on les aperçoit à partir du premier anneau thoracique jusqu'au dernier de cette partie du corps. Ils augmentent de volume à mesure qu'ils s'avancent vers l'orifice des oviductes.

Habitat. Trouvé un seul exemplaire seulement, le 9 février 1866, dans une *Ascidia canina* avec des *Notopterophorus pupilio ;* comme tous les Crustacés du genre *Botachus*, il était extrêmement agile.

Botachus fauve. — *Botachus fulvus* (Nobis).

Mâle. Inconnu.

Femelle. Cette espèce est la plus petite de celles que nous avons rencontrées ; il serait impossible de l'apercevoir sans le secours de la loupe. Elle peut avoir un tiers de millimètre de longueur.

Son *corps* est étroit et cylindrique, de la même grosseur dans toute l'étendue du thorax, et l'abdomen, qui n'a environ que la moitié de la grosseur de la partie antérieure du corps, se termine aussi en pointe par une diminution insensible de son calibre.

Les *antennes,* les *pattes-mâchoires* et *thoraciques* n'offrent rien de particulier. L'extrémité de l'*abdomen* est, comme nous l'avons dit, terminée par quatre appendices dont les deux extrêmes sont armés de pointes droites et pointues, et les deux du milieu par deux longues griffes légèrement recourbées à la pointe.

Coloration. Le corps est d'un blanc verdâtre pâle ; les viscères ont une couleur rouge cannelle, et les œufs, qui paraissent assez gros, sont brun noir foncé. Le trajet du tube intestinal est indiqué par une raie rouille qui va directement de l'orifice buccal à l'ouverture anale.

Habitat. Trouvé, le 25 février et 3 décembre 1868, dans une *Ascidia canina.* Ce Crustacé était d'une extrême agilité, c'est à peine si nous avons pu le maintenir sur le porte-objet ; nous avons même été obligé d'employer l'alcool pour le stupéfier et le rendre immobile de manière à pouvoir le dessiner.

Adranésius élargi. — *Adranesius elatus* (Nobis).

Ce Crustacé ressemble, d'une manière frappante, à notre *Aplode roux*, au point qu'il serait très-facile de les confondre si

l'on ne portait attention à la conformation des pattes thoraciques qui, au lieu d'être simples comme elles le sont chez l'*Aplode*, sont doubles et biramées.

Mâle. Inconnu.

La *femelle* mesure deux millimètres de longueur sur un demi-millimètre de largeur.

La *tête*, vue en dessus, est triangulaire ; le bord frontal est arrondi et présente, des deux côtés, une paire d'antennes, courtes et coniques, divisées en trois anneaux et terminées, à la pointe, par de petits poils divergents.

Le *corps*, ramassé, trapu, est cylindrique.

Le *thorax* est divisé, assez distinctement, en quatre anneaux, de la même largeur et du même diamètre, suivis de deux autres anneaux de la moitié moins hauts que les précédents, terminés par l'*abdomen* qui est cordiforme et fixé à ceux-ci par sa base et est armé à son extrémité d'une pointe arrondie.

L'*abdomen*, qui est remarquablement court, va en s'élargissant et fait saillie sur les anneaux précédents qui, dans toute l'étendue du thorax, sont d'une largeur uniforme.

Le *thorax* est terminé, latéralement, par deux pointes divergentes, d'une substance cornée très-résistante.

La conformation de la *bouche* ne nous est pas suffisamment connue, nous avons seulement aperçu que l'orifice buccal, qui est conique, était entouré à son orifice par plusieurs petites mâchoires difficiles à déterminer.

La première *patte-mâchoire* est simple, plate et triangulaire, terminée par une griffe légèrement crochue. Elle est courte et son extrémité dépasse à peine le bord extérieur de la tête.

Les *pattes thoraciques*, au nombre de quatre, sont doubles ; la partie extérieure est plate, triangulaire, armée d'une griffe assez forte ; la tige inférieure est terminée, à son extrémité, par de petites griffes courtes et mousses formant une sorte de denticulation. Cette tige intérieure paraît rétractile, et lorsqu'elle est contractée, on aperçoit seulement l'extrémité de ces denticulations.

Les *œufs* étaient à l'état d'incubation dans l'abdomen ; il y en

avait très-peu, et ils étaient environnés d'un limbe large et hyalin.

Vu de profil, le bord inférieur du dernier anneau thoracique est très-évasé, ce qui donne à l'abdomen la facilité de se relever du côté du dos, et au Crustacé la possibilité de se cambrer et de se jeter en arrière, comme cela est habituel aux individus du même genre. Du reste, le corps est très-contractile, il se raccourcit ou il s'étend continuellement, et c'est presque le seul mouvement que l'on voit faire à cet *Adranésien*, qui est du reste extrêmement lent.

Coloration. — Le corps est d'une couleur rouille très-claire, et uniforme sur tout le corps. L'œil est rouge, et le centre des œufs, qui est, comme nous l'avons dit, entouré d'un limbe blanc, est d'une couleur violette foncée.

Habitat. — Trouvé dans une Ascidie, le 4 mars 1868.

Lygéphile microcéphale. — *Lygephile microcephalus* (Nobis) (1).

Le *mâle*, qui ne nous était pas connu, est d'une extrême petitesse ; il mesure 1 millimètre de longueur sur un demi-millimètre de largeur. Il a l'aspect d'un *Monocle*, ressemblance qu'il partage avec les mâles de plusieurs Crustacés ascidicoles.

Son *bouclier céphalique* égale à lui seul la longueur des trois autres anneaux thoraciques qui le suivent, et qui sont de la même dimension. Son bord frontal s'avance, en plaque arrondie, entre ses deux antennes.

L'*œil*, qui est placé au milieu et près du bord frontal, est remarquablement gros.

L'*abdomen* se compose d'un premier anneau qui est plus gros et surtout plus large et plus long que les autres ; il est suivi de quatre anneaux à peu près égaux, qui forment la partie inférieure de l'abdomen qui est cylindrique. Enfin le dernier anneau est terminé par deux appendices longs et divergents armés de pointes et de poils aigus.

(1) Voyez ce que nous avons déjà dit de ce Crustacé dans les *Annales des sciences naturelles*, t. IV, 1865, p. 249-254, 256, pl. 7, 1 A-G.

Les *antennes* sont assez fortes et assez longues ; elles sont composées de deux articles de grosseur et de longueur égales, terminées par une tige fusiforme divisée en six anneaux.

La première *patte-mâchoire* est longue et grêle, terminée par plusieurs petites griffes.

La *bouche* est coniforme, composée d'un labre supérieur et d'une lèvre inférieure ; en dessous se trouve une assez longue patte-mâchoire, dont l'extrémité est relevée et vient se rabattre du côté de la bouche.

Les quatre *pattes thoraciques* sont longues et biramées ; elles se composent d'un article fémoral long et solide donnant attache à deux tiges plates et larges formées chacune de trois articles, bordées latéralement de fortes épines, et couvertes de poils longs et divergents.

La *femelle* est la plus grande de celles que nous avons décrite dans ce genre ; elle a près de 3 millimètres sur 1 de longueur.

Sa *tête*, au lieu de présenter des épatements latéraux cordiformes comme dans ses congénères, est relativement très-petite et arrondie ; elle présente au milieu, et près du bord frontal, un œil très-petit.

Le *thorax* est divisé en quatre anneaux, dont les trois premiers sont à peu près de la même hauteur, mais qui vont en s'élargissant jusqu'au milieu ; ce dernier, qui est plus long que les autres, est cordiforme, et se termine inférieurement par un bord arrondi.

L'*abdomen*, qui est cylindrique, est divisé en cinq anneaux très-courts et d'égale largeur ; le dernier porte à son bord inférieur une échancrure qui annonce l'ouverture anale.

De chaque côté du dernier anneau thoracique et à la base de l'abdomen, on aperçoit deux lames plates très-larges, concaves, qui sont destinées à recouvrir à leur base les *sacs ovifères*, et à les protéger contre les chocs qui pourraient les détacher de leur point de fixation. Lorsque ces tubes ne sont pas à leur place, on voit facilement l'orifice qui termine les oviductes.

L'*extrémité abdominale* est terminée de chaque côté par deux petits appendices plats, arrondis et creux en dedans.

En dessous, on aperçoit de chaque côté du bord frontal les *antennes* qui sont biarticulées, larges, plates, creuses en dedans en forme de cuiller, et semblant destinées à se rabattre sur l'orifice buccal, ou au moins sur les premières pattes-mâchoires. Celles-ci, au nombre de trois, sont très-fortes, et disposées latéralement, de chaque côté de la bouche, dans l'ordre suivant :

La première, qui est la plus petite, est bi-articulée ; son deuxième article se termine en pointe armée d'une forte griffe.

La deuxième patte, également bi-articulée, est terminée par une pointe arrondie en forme de tampon.

Enfin la troisième, qui est la plus forte, se compose de trois appendices digités, terminés en pointes, et armés d'une griffe forte et aiguë. Sa base est très-large, et recouvre la partie inférieure du système buccal.

La *bouche* est cylindrique ; son extrémité est arrondie ; l'orifice est environné de pattes-mâchoires latérales et d'un labre inférieur et supérieur.

Les *pattes thoraciques* sont au nombre de quatre ; elles se composent de deux tiges : l'une extérieure, qui est plate et triangulaire, munie à sa base d'un petit appendice court, armé d'une griffe, et à son extrémité d'une autre griffe, plus forte que la première. Cette première tige est squameuse et denticulée sur le bord antérieur.

La tige intérieure de cette patte est formée d'une lame plate, longue, dépassant beaucoup l'autre, et est terminée par un bout arrondi, armé de deux pointes assez fortes et écartées l'une de l'autre en forme de fourche.

Ces deux tiges qui sont fixées sur l'article fémoral, c'est-à-dire la patte entière, peuvent, par contraction, se retirer presque entièrement dans une petite cavité formée par un pli circulaire de la peau.

La peau du corps est très-mince et transparente ; elle forme un grand nombre de plis, qui rendent la séparation entre les anneaux difficile à constater.

Les *sacs ovifères* sont très-gros et presque arrondis ; les œufs

sont également très-gros, et répartis dans les deux tubes qui contiennent chacun environ dix à douze œufs.

Coloration. — Le corps du mâle et de la femelle sont d'un rouge vineux très-foncé. L'œil est rouge pourpre. Les œufs sont d'abord rouges, et lorsqu'ils sont près d'éclore, ils s'entourent d'une bordure jaune. On aperçoit aussi le point oculaire qui est rouge.

Le *tube intestinal* se rend directement de l'ouverture bucale à l'orifice anal ; son trajet est indiqué par une raie jaune. Les tubes ovifères sont placés de chaque côté ; ils partent de la base de la tête pour atteindre les orifices des oviductes.

Habitat. — Trouvé, le 1er décembre 1868, dans l'intérieur d'une Ascidie composée ; l'enveloppe mince, de couleur jaune vif, parsemée de taches noires et rouges.

Le *mâle* est très-vif, et nage avec une grande activité à l'aide de ses pattes larges, plates et bi-ramées, garnies de poils longs.

Ses antennes sont remarquables, en ce que les filets fusiformes qui les terminent, servent, comme cela a lieu chez les mâles de plusieurs espèces de Crustacés voisins des *Monocles* et chez les *Monocles* eux-mêmes, à saisir la femelle pendant sa fécondation.

La *femelle* est lente et inerte ; elle rampe sur le sol. Vue de profil, sa tête, lorsque ses pattes-mâchoires sont contractées et appuyées sur le bulbe bucal, et que ses antennes sont également rabattues sur ses pattes, offre l'aspect d'une tête de *Bull-dog*.

Lygéphile rose. — *Lygephile roseus* (Nobis).

Mâle inconnu.

La *femelle* n'a que 1 millimètre et demi de longueur sur un demi-millimètre de largeur. Sa tête cordiforme se fait remarquer par deux épatements latéraux arrondis, et par un étranglement très-marqué qui la sépare du premier *anneau thoracique*, et forme une sorte de cou.

Ces anneaux sont au nombre de quatre, très-fortement indiqués par des échancrures profondes ; ils servent de points d'attache à un même nombre de paires de pattes doubles, dont l'in-

térieure, plus courte et cylindrique, est terminée par une griffe, et la tige intérieure, plus longue et plate, est terminée par deux griffes longues et écartées l'une de l'autre en forme de fourche.

A la base du dernier anneau thoracique sont deux expansions membraneuses arrondies à leur bord inférieur, convexes en dessus, concaves en dedans, servant à protéger les *tubes ovifères* à leur origine.

L'*abdomen*, qui est cylindrique, est de la même grosseur dans toute son étendue. Il est divisé en cinq ou six anneaux, dont le dernier, arrondi à son extrémité, donne attache à deux petites expansions plates et arrondies.

En dessous, on aperçoit de chaque côté du bord frontal une *paire d'antennes* larges, plates, bi-articulées, dont l'extrémité arrondie en forme de cuiller, et bordée de petites épines, semble destinée à se rabattre sur les *pattes-mâchoires*.

Celles-ci sont rangées latéralement des deux côtés de la bouche dans l'ordre suivant : la première est cylindrique, formée de deux articles, dont le dernier, terminé en pointe, est pourvu d'une griffe à son extrémité.

La deuxième patte est terminée par une pointe mousse, arrondie en forme de tampon.

La troisième, qui est la plus forte et la plus large, recouvre presque entièrement à sa base le cadre buccal ; elle est bifurquée à son extrémité ; elle se termine par deux pointes arrondies. Ces deux pointes remplissent, en se serrant l'une contre l'autre, l'office d'une pince.

La *bouche* est cylindrique, arrondie à son extrémité, qui est garnie de petites mâchoires ; elle est, en outre, pourvue d'un labre inférieur et supérieur d'une substance cornée.

La *tête*, placée sous le compresseur, nous a laissé apercevoir une sorte de charpente cornée, formant un encadrement ovale entouré de lames plates, falciformes, pointues à leur sommet, nous rappelant la disposition et la forme de ces mêmes lames, dans la description que nous en avons donnée à l'occasion de notre *Chelonidiforme type*.

Les *tubes ovifères* sont très-gros, courts, et relevés à leur

extrémité. Les œufs sont gros, au nombre de dix à douze dans chaque tube.

L'*embryon* a le corps ovale, le front carré. Les trois paires de *pattes natatoires* sont longues, et terminées par de longues soies rigides ; les deux dernières pattes sont seules biramées.

Coloration. — Tout le corps est d'un beau rose vif ; le tube intestinal est coloré en jaune. L'œil est rouge.

L'*embryon* a le corps rose et la bouche environnée d'un espace blanc. La partie viscérale est jaune.

Habitat. — Vit renfermé dans une Ascidie composée, généralement globuliforme, recouverte d'une peau mince d'une couleur rose, tachetée de points d'un rouge vif, que nous avons recueillie, le 15 octobre 1868, fixée sur la coquille d'un *Pecten maximus*. Nous n'avons trouvé que trois exemplaires de ces Crustacés qui sont aquatiques, et n'ont que des mouvements très-lents.

Ils ressemblent beaucoup à notre *Lugéphile violet*, mais en diffèrent par la taille, la coloration, qui est ici d'un rose franc ; celle des œufs qui sont d'un rose vif, au lieu d'être rouillés ; enfin, par l'habitat.

Nota. — Les deux *Doropygus* que nous allons décrire appartiennent l'un et l'autre aux deux catégories que nous avons indiquées (1), et qui sont basées sur la forme des poils ou crochets qui terminent l'extrémité des appendices que l'on remarque au dernier anneau abdominal. Notre *Doropygus sphérasiphère* appartient à la première catégorie, et le *Doropygus globosiphère* à la deuxième (1).

DOROPYGUS SPHÉRASIPHÈRE. — *Doropygus spherasipherus* (Nobis) (2).

A. Extrémité abdominale terminée en pointe arrondie, appendices droits internes, avec ou sans poils, prolongement thoracique postérieur grand.

Mâle inconnu.

La *femelle* a près de 3 millimètres de longueur ; son aspect est

(1) Voyez les *Annales des sciences naturelles*, 1866, t. VI, p. 54.

(2) Voyez les *Annales des sciences naturelles*, 1866, t. VI, p. 51-69.

des plus singuliers. Le cinquième anneau thoracique a pris un développement si extraordinaire, qu'il a envahi plus des trois quarts de la totalité du corps, et comme il a une forme sphérique, on voit sortir de ce globe, à la partie supérieure, la tête et les quatre premiers anneaux thoraciques, et de la partie inférieure seulement, l'extrémité des appendices abdominaux. La largeur de la portion antérieure thoracique est d'un demi-millimètre, tandis que le diamètre de cette sphère a 2 millimètres ; c'est-à-dire les deux tiers de la longueur de tout le corps.

La *tête*, vue de profil, est ronde ; sa partie occipitale paraît former une sorte de calotte, dans laquelle elle est logée. Les expansions latérales du bouclier céphalique recouvrent des deux côtés l'orifice buccal et ses accessoires. On aperçoit néanmoins les antennes, qui sont d'une longueur et d'une grosseur médiocres. Leur article basilaire, assez grand, est suivi d'un filet articulé, contenant des anneaux très-nombreux et très-rapprochés, qui sont couverts de poils divergents.

La *première patte-mâchoire* est longue et grêle ; elle est biarticulée, et son dernier article est armé à son extrémité de quatre ou cinq griffes longues et crochues.

Les *quatre anneaux thoraciques* sont courts et d'une largeur uniforme. Le dernier est articulé, de manière, en reposant par sa base sur la partie sphérique de l'abdomen, à faciliter les mouvements de rotation en tous sens de la portion antérieure du corps.

Chaque anneau du thorax est muni d'une paire de pattes petites, grêles et biramées. Les appendices abdominaux, qui, comme nous l'avons dit, dépassent à peine la capacité sphérique de l'abdomen, sont pourvus de quatre longues tiges étroites et divergentes qui sont pennées, et qui remplacent les griffes crochues qui, d'habitude, terminent ces deux appendices.

Coloration. — Ce Crustacé était mort lorsque nous l'avons recueilli le 16 juillet 1863 ; il habitait l'intérieur d'une Ascidie composée, fixée sur un *Pecten maximus*. Sa coloration alors était d'une couleur nankin, qui ne doit pas être celle de l'individu vivant.

Nous avons hésité longtemps à le publier, pensant que l'exagération considérable de sa partie abdominale pouvait être causée par un commencement de décomposition ; mais la découverte que nous avons faite de l'espèce suivante nous a prouvé que ce développement, qui nous paraissait anormal, pouvait cependant exister à l'état naturel.

Habitat. — Vit, comme nous l'avons dit, dans l'intérieur des Ascidies composées.

DOROPYGUS GLOBOSIPHÈRE. — *Doropygus globosipherus* (Nobis).

B. Extrémité abdominale terminée par une petite cavité. Appendices recourbés et crochus armés de pointes. Prolongements thoraciques postérieurs grands.

Mâle inconnu. La *femelle* est infiniment plus petite que la précédente ; elle a tout au plus 1 millimètre de long sur un tiers de millimètre de large.

Sa *tête*, vue de profil, est creusée au milieu, de manière à paraître relevée du côté du bord frontal et de sa base.

Elle est suivie de trois *articles thoraciques* d'une égale longueur et parfaitement distincts, et laissant entre eux un espace assez grand pour faciliter les mouvements en tous sens. Chaque anneau thoracique est muni d'une paire de pattes biramées, dont la tige extérieure est armée de quatre très-longues griffes divergentes et un peu recourbées au bout ; et l'interne est garnie de longues épines, également divergentes et pennées.

Le cinquième anneau thoracique prend un développement sphérique tellement considérable, qu'à lui seul il dépasse en étendue et en capacité toute la partie antérieure du corps, de sorte que celle-ci n'en paraît plus qu'un annexe complémentaire et secondaire.

En dessous de cette sphère, on suit néanmoins le trajet de l'abdomen, dont les anneaux émargent du côté de la surface ventrale. On peut en compter le nombre qui est de cinq ou de six, d'égales dimensions à peu près, et qui sont bordés d'un limbe saillant. L'extrémité de l'abdomen, y compris ses appendices, ne dépasse pas le bord inférieur du dernier anneau thoracique.

On voit aussi à la base du premier ou du deuxième de ces anneaux deux pointes crochues en forme de soc, la pointe dirigée en bas, dont l'usage est manifestement destiné à favoriser la propulsion.

Les *appendices caudaux* sont longs et plats ; ils sont terminés par *quatre griffes* longues, divergentes, et un peu recourbées au bout.

Les *antennes* sont de médiocre grandeur ; elles sont multi-articulées, et garnies de nombreux poils. La première *patte-mâchoire* est longue, composée de deux articles, dont le dernier est armé de plusieurs griffes. Les labres supérieurs et inférieurs sont forts, et accompagnés latéralement d'une ou deux paires de petites mandibules.

En dessous de ceux-ci on aperçoit encore une autre paire de *patte-mâchoire* assez robuste, multi-articulée et hérissée d'épines, qui est destinée, en se relevant et se rabattant du côté de la bouche, à y apporter les objets servant à l'alimentation.

Les *œufs*, qui sont très-gros, sont renfermés dans la capacité thoracique du quatrième anneau qu'ils remplissent entièrement.

Coloration. — La tête est blanche, et le reste du corps est d'un blanc jaunâtre. Le trajet de l'intestin est indiqué par une raie rouge, qui est aussi la couleur de l'œil. La capacité qui contient les œufs est probablement, à raison de la coloration de ceux-ci, d'un vert brillant extrêmement foncé.

Habitat. — Trouvé, le 10 mai 1868, renfermé dans une Ascidie composée, à enveloppe mince et d'une couleur jaune sale, de la grosseur d'un œuf de Pigeon ; l'intérieur était d'un jaune orangé très-foncé. Ce Crustacé est très-lent et très-apathique.

Je crois utile de rappeler ici que plusieurs auteurs ont déjà signalé la présence de certains Crustacés vivant en parasites sur des Annélides. Le *Selius bilobus* a été trouvé par Kröyer sur l'*Aphrodita punctata* (*Tidsskrift*, 1837, t. I, p. 476, pl. V, fig. 1). La *Nereicola ovata* a été découverte par Keferstein à la base des pieds de la *Nereis Beaucoudrayi* (Aud. et Edw.) (voyez *Zeitschrift für wissens. Zool.*, 1803, p. 460, pl. 42, fig. 1-4). Enfin M. Grube publie en ce moment la description d'une troisième espèce du même groupe. Le Chélonidiforme type de M. Hesse doit prendre place à côté des genres *Selius* et *Nereicola*. ALPH. MILNE EDWARDS.

NOTE SUR LA DISPOSITION

DES

COUCHES MUSCULAIRES CHEZ LES ANNÉLIDES,

Par M. A. DE QUATREFAGES.

Les naturalistes qui ont bien voulu lire la préface de mon *Histoire des Annélides* savent sous l'empire de quelles conditions il a été rédigé, et combien j'ai dû me préoccuper constamment de ne pas dépasser outre mesure les limites que m'imposaient les conventions faites avec l'éditeur. Il est résulté de là que je n'ai pu m'étendre comme je l'aurais souvent désiré; que j'ai omis bien des petits détails consignés dans mes notes, et surtout que j'ai laissé de côté, ou me suis borné à indiquer les questions qui me semblaient nécessiter encore des recherches.

Parmi ces dernières s'est trouvée celle de la composition des couches musculaires longitudinales du corps. Des recherches bien anciennes m'avaient appris que cette distribution n'est rien moins que simple, ni uniforme. Dans une petite espèce observée par transparence, j'avais trouvé des muscles n'occupant que la longueur d'un anneau, d'autres qui s'étendaient à deux et à trois anneaux. Plus tard, en disséquant la Marphyse sanguine, j'avais vu la distribution des muscles longitudinaux présenter, au moins en partie, dans les anneaux correspondant à la trompe et à une portion de l'œsophage une disposition différente de celle qu'offraient les anneaux suivants, etc. Je m'étais bien promis d'examiner un jour à part cette question anatomique, quand je terminerais la monographie de la Marphyse, pour laquelle j'avais réuni d'assez nombreux matériaux. Mais entraîné par d'autres études, j'ai toujours ajourné ; et, comme bien d'autres, ce travail est resté à l'état de projet.

J'aurais donc eu fort peu de détails précis à donner sur une question dont il m'aurait fallu en même temps signaler la com-

plication ; aussi, en rédigeant mon ouvrage, j'ai cru devoir me borner à parler des points d'attache des muscles. J'ai dit qu'ils s'attachaient *aux cloisons interannulaires* formées par une *sorte de raphé tendineux* (1).

M. Claparède a vivement critiqué mes indications sur ce sujet, et voici comme il s'exprime (2) : « Ces raphés n'existent point. » Il est facile, sur des coupes longitudinales d'Annélides, de » s'assurer que les faisceaux longitudinaux se continuent sans » aucune interruption dans toute la longueur du Ver. »

Le savant génevois revient ailleurs sur le même sujet à propos des recherches qu'il a faites sur la *Halla parthenopeia* (3). Ici M. Claparède dit : « M. de Quatrefages, à l'exemple de Cuvier » (réfuté cependant très-expressément par Meckel), n'accorde » aux fibres longitudinales que la longueur du segment auquel » elles appartiennent. Par leurs extrémités, elles sont censées » s'insérer sur des raphés cartilagineux intersegmentaires. »

Pour ce qui est de l'épithète de *cartilagineux* appliquée par M. Claparède aux raphés dont j'ai parlé, j'admets volontiers qu'elle est le fait d'une *distraction* de mon sévère critique. Bien certainement, je n'ai nulle part écrit quoi que ce soit qui autorise à me prêter l'opinion qu'il existe des *cartilages* dans le point dont il s'agit.

Je m'explique plus difficilement le reproche qu'il me fait au sujet de la longueur que j'aurais attribué aux *fibres*. Je n'ai prononcé ce mot que pour indiquer la direction de ces fibres ; je n'ai parlé que des *faisceaux* musculaires ; je n'ai rien dit de leur étendue. Je viens d'indiquer la cause de ce silence.

Voici comment M. Claparède décrit les faisceaux musculaires et leurs rapports avec les anneaux de l'animal (4) : « Il est facile » de s'assurer que, dans les segments, les faisceaux de fibres » sont entièrement indépendants les uns des autres, simplement » juxtaposés comme les fibres musculaires des Insectes. Au con-

(1) *Histoire des Annélides*, t. I, p. 29 et 30.
(2) *Les Annélides chétopodes du golfe de Naples*, Introduction, p. 17.
(3) *Loc. cit.*, p. 141.
(4) *Loc. cit.*, p. 141.

» traire, au niveau des constrictions intersegmentaires, tous les » faisceaux adhèrent entre eux, grâce à l'existence d'une masse » interfibrillaire peu abondante qui joue le rôle de ciment. » Néanmoins, les fibres passent sans interruption d'un segment » à l'autre; c'est sans doute la région d'adhérence réciproque » des fibres qui aura donné lieu à l'illusion d'un raphé. »

A l'appui de ses paroles, M. Claparède donne une figure qui, selon lui, « *pourra servir de type* (1) », ou plutôt deux dessins reproduisant l'un la coupe transversale, l'autre la coupe longitudinale d'une *Halla parthenopeia*. C'est au dernier qu'il renvoie « *pour s'assurer que ces raphés n'existent point* »; c'est au sujet du même que je crois pouvoir présenter quelques observations.

Et d'abord il me paraît évident que cette figure est bien loin d'être assez grossie pour pouvoir montrer quoi que ce soit, relativement aux faits dont il s'agit ici. Des dimensions de la *Halla*, de la comparaison des deux coupes, il est facile de conclure que les dessins sont faits à un grossissement de 8 à 9 diamètres au plus. Est-ce assez, je le demande, pour juger de la continuité ou de l'interruption des *fibres* musculaires? Je mets sous les yeux du lecteur un dessin fait à un grossissement de 10 à 12 diamètres (2), et je déclare qu'il eût été impossible de distinguer nettement une fibre de ses voisines. La figure 1 est dessinée à un grossissement de 60 diamètres, et pourtant là encore on ne saurait suivre une fibre avec quelque certitude. Au reste, je m'en remets sur ce point au jugement de tous les micrographes.

M. Claparède décrit et figure un plancher musculaire horizontal; mais je ne vois figurer ni dans l'un ni dans l'autre dessin les *cloisons interannulaires*, qui partagent en chambres la cavité

(1) *Loc. cit.*, pl. XXXI, fig. 4 et 4 A. — M. Claparède ajoute : « Elle est d'ailleurs » assez neuve et mérite par conséquent d'attirer l'attention. » Selon le savant génevois Rathke et Schneider ont seuls jusqu'ici donné des coupes réelles d'Annélides; toutes celles qui ont été publiées par lui-même et par moi « sont plus ou moins schématiques » et idéales ». On comprend que je n'aie rien à dire de celles de M. Claparède; mais je puis affirmer que mes coupes de Hermelle par exemple ont été faites avec les fragments sous les yeux, et avec l'intention de représenter aussi bien que possible ce qu'ils me montraient. (*Ann. des sc. nat.*, 3e série, t. X, pl. 2.)

(2) Pl. V, fig. 3.

générale du corps. N'existeraient-elles pas dans l'espèce dont il s'agit? Ce serait un fait remarquable; car je ne les ai vus manquer dans aucune Annélide de taille à être disséquée, appartenant aux groupes plus ou moins voisins de celui dont fait partie la *Halla parthenopeia*. La région qui correspond à la trompe en manque, il est vrai, jusque chez les Marphyses, les Néréides, etc.; mais elles se montrent dès le commencement de l'œsophage chez ces dernières, et chez les Eunices dès que l'œsophage s'est détaché de la trompe (1). Ce n'est guère que chez certaines Annélides sédentaires et chez de très-petites espèces parmi les Errantes que j'ai vu les cloisons manquer, et être remplacées par des cordons isolés, qui tantôt manifestaient nettement leur nature musculaire, tantôt paraissaient être purement tendineux.

Ce n'est pas pour le plaisir d'adresser une critique à M. Claparède que je rappelle les faits précédents. Je laisse de côté bien d'autres détails de sa figure qui me sembleraient avoir besoin d'explications. Si j'ai appelé l'attention sur les cloisons interannulaires, c'est qu'elles ont un rapport direct avec la question dont il s'agit ici. Quoi qu'il en soit, la question soulevée par M. Claparède méritait d'être reprise, et c'est une de celles dont je comptais m'occuper avec le plus de soin pendant un séjour sur les bords de la mer que de circonstances impérieuses ont malheureusement abrégé. Je vais exposer ce que j'ai vu ; mais je tiens à répéter que je n'ai pas la prétention d'avoir épuisé la matière, et je suis au contraire convaincu qu'il y a encore beaucoup à chercher et à découvrir.

Chez un certain nombre d'Annélides, mais non pas chez toutes, les faisceaux musculaires longitudinaux sont en effet isolés les uns des autres, et lorsqu'ils sont très-développés, il y a entre eux de véritables lacunes, dans lesquelles pénètre parfois

(1) Pl. VI, fig. 3 ; pl. VII, fig. 6, etc. Cette disposition a évidemment pour but de rendre plus aisés les mouvements de totalité de la trompe. Chez les Glycères dont la trompe exsertile est si volumineuse, et occupe un espace considérable dans la cavité du corps, les cloisons sont fort imparfaites. Cette disposition permet le jeu plus libre du liquide de la cavité dont l'afflux est nécessaire à l'exsertion de la trompe, qui doit pouvoir rentrer de même avec rapidité.

le liquide de la cavité générale. J'ai insisté ailleurs sur ce fait, et dit comment, grâce à cette disposition, j'avais trouvé chez une Aphrodite des œufs interposés entre les muscles, et qui avaient pénétré jusque sous les téguments (1).

Néanmoins, démêler ces faisceaux en réalité microscopiques et les suivre avec détail n'est rien moins qu'aisé, même sur les plus grosses espèces. Voici quelques faits que j'ai recueillis chez la Marphyse sanguine :

Si, sur un individu fraîchement et rapidement tué, on incise le dos longitudinalement sur la ligne médiane, et qu'on rabatte à droite et à gauche les deux moitiés latérales, on distingue très-bien à la loupe les faisceaux de cette région. Si l'animal est légèrement contracté, on voit les faisceaux de chaque anneau s'arrêter sur une ligne qui part du fond de l'étranglement annulaire, et traverse la masse entière. L'aspect de cette ligne diffère de celui des parties voisines ; c'est ce que j'ai désigné sous le nom de *raphé*. Si l'on exerce une traction suffisante pour tendre les muscles, cette ligne disparaît plus ou moins, et au lieu de faisceaux courts s'arrêtant à la hauteur de deux étranglements, on a sous les yeux l'aspect de bandelettes musculaires s'étendant à plusieurs anneaux.

Cependant il n'en est rien, et il est facile de se convaincre qu'il y a un arrêt répondant aux étranglements. Chez les Marphyses, au point que j'ai indiqué, surtout dans les anneaux les plus antérieurs, les muscles sont détachés des téguments, si bien qu'on peut glisser un petit stylet entre la masse musculaire et la peau jusqu'à peu de distance de la ligne médiane ; or, on reconnaît que ce stylet est arrêté aux extrémités de chaque anneau. En glissant la branche d'un ciseau fin à la place du stylet, on peut diviser transversalement la masse musculaire de deux ou trois anneaux consécutifs. On voit alors les faisceaux et les fibres se relever en houppe, ou mieux en frange serrée des deux côtés du raphé auquel ils adhèrent.

Dans le reste du corps, les masses musculaires sont plus ser-

(1) *Histoire des Annélides*, t. I, p. 33.

rées, et, au moins par places, elles adhèrent aux téguments. Toutefois, en procédant à peu près de la même manière, ou simplement en déchirant, même assez grossièrement, les parties, on reconnaît l'existence d'attaches transverses *pour une partie* des muscles longitudinaux.

Tous ces faits s'expliquent, du reste, par l'hypothèse de la soudure des faisceaux et d'une simple illusion provenant de cette soudure.

Pour savoir à quoi s'en tenir, il faut employer des grossissements plus forts, et procéder par l'examen de lames minces coupées longitudinalement, de manière à comprendre au moins deux ou trois anneaux. On peut alors les étudier aux plus forts grossissements, et se rendre compte de l'existence réelle et de la structure des raphés.

Mes premières observations ont porté sur la Marphyse sanguine. Je l'avais choisie comme présentant un grand développement musculaire, et devant me montrer un maximum de complication organique. Malheureusement les matériaux de travail me manquèrent, et je dus, en outre, partir à l'improviste, alors qu'il me restait à répéter mes observations premières et à faire les dessins.

En même temps que la Marphyse, j'ai étudié l'Arénicole des pêcheurs. J'ai pris cette espèce de préférence à toute autre comme terme de comparaison, d'abord parce qu'elle se trouve à peu près partout en abondance, et qu'il sera par conséquent plus aisé de répéter sur elle mes observations, tandis que la Marphyse est difficile à se procurer. De plus, en portant spécialement mon attention sur la région caudale où les couches musculaires sont très-minces, où l'annulation est à peine marquée, je prenais en quelque sorte l'extrême opposé à la Marphyse. Il y avait, ce me semble, quelque intérêt dans ce contraste même.

Voici d'abord ce qui résulte des notes relatives à la Marphyse :

Pour étudier la structure des couches musculaires longitudinales, j'enlevais, avec des ciseaux fins et bien tranchants, une lame mince de la couche. Ces coupes ont été pratiquées précisément dans le sens que suppose la figure de M. Claparède

(fig. 4, A), c'est-à-dire au delà de la base des pieds, et parallèlement au plan médian longitudinal.

Placées sous le microscope et à un faible grossissement, ces lames m'ont toujours montré le même aspect dans leur ensemble. A chaque étranglement interannulaire, la couche épidermique des téguments s'enfonce profondément ; sa coupe présente un angle aigu, dont les côtés appartiennent à des anneaux différents.

A chacun de ces angles correspondent des plans ou des faisceaux fibreux qui croisent à angle droit la direction des fibres longitudinales, et que l'on voit pénétrer dans la masse musculaire que forment ces dernières par la face interne de cette masse. Très-souvent un vaisseau sanguin plus ou moins volumineux, peu flexueux, accompagne ces faisceaux de fibres, et va se ramifier dans les couches tégumentaires.

Il est facile de s'assurer que ces plans fibreux proviennent des cloisons interannulaires, sur lesquelles j'appelais tout à l'heure l'attention. A la région antérieure, et surtout dans les anneaux qui correspondent à l'œsophage, ces prolongements se distinguent aisément à la loupe sur une coupe transversale du corps. Dans les préparations semblables à celles dont je parle, on les voit souvent franchir le bord nettement limité qui correspond à la surface interne des parois du corps.

J'ai vu plusieurs fois ces faisceaux ou plans fibreux, arrivés vers le milieu de l'épaisseur de la masse musculaire, se diviser en deux ou trois chefs, et j'ai vu aussi ces divisions s'attacher tantôt à l'angle formé par les téguments, tantôt sur les côtés de cet angle à peu de distance du sommet.

La nature de ces plans ou faisceaux fibreux, émanés des cloisons interannulaires, me laisse encore des doutes. Une ou deux fois, il m'a semblé que je ne pouvais attribuer qu'à leurs contractions certains mouvements qui se passaient sous mes yeux ; on aurait dit que les muscles longitudinaux étaient entraînés par eux. Pourtant leurs fibres diffèrent des fibres musculaires par l'aspect général et par le diamètre ; elles sont plus minces. Faute de temps, je n'ai pu prendre de mesures. J'incline, comme par

le passé, à les regarder comme tendineuses ; mais c'est un point à éclaircir.

Il me paraît évident que c'est à la présence de ces faisceaux et plans fibreux se portant de l'intérieur du corps vers la surface, que sont dues la différence d'aspect dont je parlais plus haut, et ces lignes, visibles à la loupe, qui correspondent à la séparation des anneaux. Toujours est-il que, sous le microscope, la délimitation des couches musculaires longitudinales se distingue plus aisément encore qu'avec un simple verre grossissant.

Cette délimitation s'accuse d'une autre manière. Les faisceaux musculaires ne se présentent pas dans les préparations dont je parle comme se continuant dans la même direction. Bien au contraire, le plus grand nombre de ces faisceaux, ceux surtout qui appartiennent aux couches profondes sont courbés et disposés en guirlandes superposées dans le même anneau, se suivant d'un anneau à l'autre. La convexité de ces guirlandes est dirigée vers le bord interne de la préparation. Les deux extrémités se relèvent en approchant des faisceaux fibreux transversaux. La portion inférieure de la figure 1 donne une idée de ce qui se voit également chez la Marphyse ; mais au lieu d'une seule masse fibreuse comme celle qu'on voit ici, on en observe plusieurs bien distinctes étagées les unes au-dessus des autres.

J'ai vu plusieurs fois les fibres longitudinales se terminer dans les faisceaux fibreux transversaux.

J'ai vu aussi les muscles longitudinaux passer entre ces faisceaux et aller ainsi d'un anneau à l'autre.

C'est surtout dans les couches plus voisines des téguments que j'ai constaté ce dernier fait. Ici se trouvent des muscles qui s'attachent directement sur les côtés des replis interannulaires. Ces muscles se dirigent en s'entrecroisant à travers deux (?), trois ou quatre anneaux. Leur disposition rappelle ce que j'ai représenté dans la partie supérieure de la figure 1 *b* (1).

(1) Des croquis recueillis pendant mon séjour à Bréhat en 1843, il résulterait que cette couche de muscles entrecroisés s'attachant aux téguments ne commencerait qu'au delà des anneaux correspondant à la trompe et occuperait la région dorsale, tandis que plus en avant et sur les côtés les muscles ne présenteraient rien de pareil.

Je passe à ce que m'a montré l'Arénicole.

Les parois de la région caudale sont, chez cette espèce, bien plus minces que celles des parties antérieures de la Marphyse, et comme je l'ai déjà dit, les couches musculaires sont loin d'atteindre ici autant de développement. Pourtant la disposition est en somme à peu près la même.

Si l'on place sous le microscope, à un grossissement d'environ 60 diamètres, une lame mince de la paroi latérale et supérieure du corps, on voit très-nettement les faisceaux musculaires et leur disposition générale mais sans pouvoir suffisamment distinguer les fibres (1). La couche tégumentaire (2) se montre régulièrement annelée, mais les espaces interannulaires ont peu de profondeur. A chacun d'eux n'en correspond pas moins un angle analogue à celui dont j'ai parlé plus haut et à celui-ci aboutit un espace allongé, transverse, où l'apparence fibreuse disparaît plus ou moins et qui paraît plus clair que les parties voisines (3). Deux de ces intervalles indiquent les limites d'un anneau.

Les couches musculaires longitudinales présentent d'ordinaire les deux dispositions que j'ai déjà indiquées et que j'ai reproduites ici, en copiant aussi exactement que possible deux des dernières préparations que j'ai étudiées.

La portion la plus interne de ces couches forme dans chaque anneau un tout continu, mais dont les fibres infléchies de manière à présenter leur convexité vers l'intérieur se relèvent vers les espaces clairs dont je viens de parler (4).

En se rapprochant des téguments, on voit des faisceaux musculaires ondulés qui répondent à 3-4 anneaux. Dans la préparation que j'ai copiée, l'un de ces faisceaux venait s'attacher à l'angle interannulaire et à une portion de l'anneau (5). Un autre presque confondu d'abord avec le premier dépasse le point d'at-

(1) Pl. V, fig. 1.
(2) Fig. 1, *e e*.
(3) Fig. 1, *d*.
(4) Fig. 1, *a*.
(5) Fig. 1, *b*.

tache et suit en s'infléchissant les contours des couches tégumentaires (1). A travers ces deux muscles, on aperçoit, par transparence, la prolongation de la masse musculaire appartenant à un seul anneau.

Quant à cette dernière, il ne peut me rester de doute sur son étendue et sur le mode de terminaison de ses fibres. En employant un grossissement de 200 diamètres, celles-ci deviennent très-distinctes, et l'on peut parfaitement les suivre. On les voit aboutir à ces espaces clairs et transversaux dont j'ai parlé plus haut. Là, on les voit se fondre, pour ainsi dire, dans une sorte de tronc, de substance hyaline (2), présentant non plus des fibres, mais de simples stries et quelques granulations très-fines (3).

Bien des fois, à travers ce *raphé*, j'ai vu les fibres des muscles appartenant à plusieurs anneaux se continuer sans présenter rien de particulier (4).

Voilà ce que j'ai observé en employant à mes études des tranches minces, prises sur des animaux encore vivants. Je crois que pour des recherches de ce genre il faut, autant que possible, agir ainsi. L'action des réactifs, l'immersion dans l'alcool, sont certainement utiles dans bien des cas. Mais l'étude des éléments inaltérés doit toujours, ce me semble, précéder celle de ces mêmes éléments plus ou moins transformés. Seule, dans l'immense majorité des cas, elle fournit une base sûre aux observations ultérieures.

Lorsque j'ai fait les recherches précédentes, je ne connaissais du travail de M. Claparède que l'*Introduction*, insérée bien à l'avance dans les *Archives* de Genève et publiée, en outre, en brochure. Je n'ai donc su que plus tard que l'auteur avait obtenu les résultats que j'ai rappelés plus haut sur des individus d'abord plongés dans l'alcool absolu. J'ai dû chercher à me placer dans des conditions analogues et répéter mes observations. J'ai

(1) Fig. 1, *c*.
(2) Fig. 2, *a a*.
(3) Fig. 2, *b*.
(4) Fig. 2, *c c*.

donc examiné une des Marphyses que j'avais rapportées de Bréhat, et dont la conservation était entière (1).

J'ai reproduit ici (2) une lame mince des parois de la région supérieure latérale du corps, vue à un grossissement de 10-12 diamètres. On reconnaîtra aisément les couches tégumentaires (3) avec les dépressions interannulaires (4), les masses musculaires (5) divisées par des lignes *obscures* — au lieu d'être *claires* — correspondant aux dépressions interannulaires, et se continuant avec des lambeaux des cloisons (6), auxquels adhèrent des débris du tube digestif (7).

Remarquons d'abord que toute trace de la disposition en guirlandes a disparu dans les muscles. Je ne l'ai rencontrée que très-exceptionnellement sur quelques points des anneaux tout à fait antérieurs. Ce fait s'explique aisément pour quiconque s'est quelque peu occupé des Annélides sur le bord de la mer, et en a fait mourir dans l'alcool. L'action de ce liquide amène une contraction extrême de l'animal. Les fibres longitudinales se sont évidemment tendues partout jusqu'à ne plus présenter que des lignes à peu près droites et seulement légèrement ondulées, comme on les voit dans la figure 4.

Je ne suis donc pas surpris que M. Claparède ne signale rien de semblable à ce que m'ont montré tant de fois et si nettement les coupes faites sur l'animal vivant.

Bien que le grossissement de la figure 3 soit supérieur à celui qu'a employé M. Claparède pour tracer la sienne, il est beaucoup

(1) Pour assurer la conservation des Annélides, l'expérience m'avait appris qu'il fallait employer de l'alcool pur et non de l'alcool étendu comme on le fait trop souvent. Je plongeais les animaux vivants dans une cuvette pleine de ce liquide. Une fois morts, je les dépliais, les étendais et les laissais macérer pendant deux ou trois jours. Alors seulement, je les plaçais dans les tubes destinés à les transporter et que je remplissais également d'alcool pur. Les Annélides sont ainsi fortement contractées, mais elles se conservent parfaitement.

(2) Pl. V, fig. 3.

(3) Fig. 3, *a a*.

(4) Fig. 3, *e e*.

(5) Fig. 3, *b b*.

(6) Fig. 3, *c c*.

(7) Fig. 3, *d d*.

trop faible pour fournir des indications sérieuses sur le sujet qui nous occupe. J'ai cherché à reproduire, aussi bien que je le pouvais, l'aspect de la préparation. Or, tout ce qu'on distingue c'est la structure fibreuse des masses musculaires et aussi, mais plus difficilement, les fibres plus fines des cloisons interannulaires.

La figure 4, dessinée à 60 diamètres à peu près, est plus instructive et permet de constater quelques-unes des particularités que le défaut de temps et de matériaux m'avaient empêcher de dessiner à Kérity (1). Elle est la reproduction aussi exacte que possible d'une des préparations que j'ai eues sous les yeux. Elle montre les couches tégumentaires présentant une des dépressions interannulaires et l'angle correspondant (2), les couches musculaires les plus voisines des téguments (3); les faisceaux ou plans fibreux qui partent des cloisons intérieures et se rendent aux téguments à travers les couches musculaires longitudinales qu'ils croisent à angle droit (4).

Entre ces faisceaux transverses, on voit passer les fibres musculaires des muscles longitudinaux, sans que rien annonce qu'elles présentent rien de particulier (5).

La différence d'aspect et de grosseur entre les fibres venant des cloisons et celles qui appartiennent aux muscles longitudinaux est facile à distinguer, même sur cette préparation empruntée à un animal conservé depuis des années et à un grossissement médiocre.

On voit en *f* (6) un vaisseau qui suit le trajet du faisceau de la

(1) Kérity-Penmarch, sur les côtes de Bretagne. C'est là que j'étais allé m'installer, séduit par l'aspect que présente la côte sur la carte de M. Beautemps-Beaupré. La carte est parfaitement exacte, comme toutes celles qu'a publiées l'illustre hydrographe; mais des conditions locales rendent remarquablement pauvre en animaux marins cette plage qui semble disposée de manière à en assurer la multiplication. Les infiltrations d'eau douce sont évidemment la cause de cette dépopulation.

(2) Pl. V, fig. 4, *a a*.

(3) Fig. 4, *b*.

(4) Fig. 4, *c c c*.

(5) Pl. V, fig. 4, *d d*.

(6) Fig. 4.

cloison et va se ramifier dans le voisinage des téguments. Ce vaisseau présentait encore une coloration sensible.

RÉFLEXIONS.

Je viens de résumer rapidement les résultats les plus précis de mes observations. J'ajouterai encore quelques mots.

Les préparations dont j'ai parlé ont été tirées de la portion latérale et supérieure des animaux que j'étudiais. C'est donc là que devront aussi les prendre les naturalistes qui voudront bien vérifier mes observations. Mais j'en ai aussi examiné quelques-unes prises sur d'autres points, et sans pouvoir entrer ici dans des détails, faute d'études suffisantes, il en résulte, pour moi, que la distribution des couches musculaires, dans la même Annélide, n'est pas la même dans toutes les régions du corps. Par exemple, elle est bien plus simple et plus uniforme à la région ventrale qu'à la région dorsale, chez la Marphyse; c'est là un fait que j'avais reconnu lors de mes premières recherches à Bréhat, et que j'ai constaté de nouveau à propos des études que je viens de faire.

Dans les observations que j'ai faites, je n'ai rien aperçu qui ressemblât à la *soudure* dont parle M. Claparède. Je ne voudrais pourtant pas affirmer qu'il n'existe rien de pareil. Dans certains cas, chez la Marphyse conservée dans l'alcool, et surtout à la face ventrale, j'ai vu, sur la ligne correspondant à ce que je continue à appeler un raphé, les fibres musculaires s'enchevêtrer et être accompagnées de granulations obscures qu'on aurait pu attribuer à la décomposition d'une matière préexistante. Là j'ai bien vu des faisceaux de fibres franchir la ligne et se continuer. Je regrettte de n'avoir pu rechercher sur des animaux vivants la signification de ces faits. Mais à l'époque où j'étais à Kérity, je ne connaissais du livre de M. Claparède que son *Introduction*, et mon attention n'était donc pas dirigée sur un des points les plus délicats qui nous séparent. De nouvelles recherches me semblent donc nécessaires pour décider.

Quoi qu'il en soit, je regarde nos connaissances sur la dispo-

tion des muscles du corps des Annélides comme étant fort incomplètes. Mais je crois pouvoir affirmer que cette disposition est beaucoup plus compliquée que ne l'ont admis Blainville, Delle Chiaje, Rathke, Meckel, dont M. Claparède invoque l'autorité et adopte la manière de voir.

En dehors même de toute observation, il m'eût semblé bien étrange que les fibres musculaires et les faisceaux qu'elles forment se prolongeassent sans interruption d'un bout à l'autre du corps d'une Annélide. Aucun animal ne réalise d'une manière aussi complète le type des Annelés qu'un Eunicien, un Néréidien... Tous les systèmes organiques présentent au plus haut degré, chez eux, le cachet de la division par anneaux. Pour admettre que *seul* le système musculaire présente une exception *unique*, il aurait fallu, ce me semble, des observations bien minutieuses et cent fois répétées. Le peu que j'ai vu justifie ce me semble cette appréciation théorique.

Je ne crois pas que, même chez les Némertiens, où pourtant toute trace d'annulation semble disparaître, les muscles longitudinaux présentent la continuité admise par les auteurs que je viens de citer. Du moins, ai-je cru trouver des indices d'un enchevêtrement de muscles séparés et n'occupant qu'une partie du corps dans quelques-unes des espèces que j'ai si longtemps étudiées. Mais malgré le grand nombre de coupes *réelles* que j'ai faites en tout sens et dont j'ai représenté seulement deux (1), je n'ai pu mettre ce fait hors de doute et me suis borné à l'indiquer comme probable dans mon *Mémoire sur les Némertiens*.

On voit que pas plus dans cette Note que dans mon livre, je n'ai prétendu éclaircir complétement la question dont il s'agit. Si j'ai publié le peu que je sais à cet égard, c'est surtout dans le but de la replacer dans les termes qui me semblent le plus justes et pour indiquer la voie dans laquelle je crois qu'on doit marcher pour en obtenir la solution.

(1) *Annales des sciences naturelles*, 3e série, t. VI, pl. 8, fig. 5 et 6.

EXPLICATION DES FIGURES.

Planche V.

Fig. 1. Coupe réelle des parois de la région caudale d'une Arénicole faite dans la portion latérale et supérieure à peu près parallèlement au plan vertical médian, et vue à un grossissement d'environ 60 diamètres (animal vivant).

a a, muscles longitudinaux dont les fibres s'arrêtent aux raphés *d d d*; *b*, muscles longitudinaux appartenant à plusieurs anneaux, et dont on voit l'origine à la surface interne des couches tégumentaires *e e*; *c*, autre muscle dont on voit les fibres se replier en suivant les contours des couches tégumentaires; *e e*, couche tégumentaire dont je n'ai pas cherché à reproduire la structure.

Fig. 2. Un des raphés de la même région de l'Arénicole, vu à un grossissement de 260 diamètres environ (animal vivant).

a a a, fibres musculaires venant se confondre avec la substance de l'espèce de cloison tronquée *b*; *c c*, fibres musculaires d'un muscle appartenant à plusieurs anneaux et que l'on aperçoit par transparence.

Fig. 3. Coupe réelle des parois du corps d'une Marphyse sanguine faite vers le tiers antérieur de l'animal et dans la même direction que ci-dessus, vue à un grossissement de 10-12 diamètres (animal conservé dans l'alcool depuis vingt-cinq ans).

a a, ensemble des téguments; *b b*, couches musculaires longitudinales; *c c*, lambeaux des cloisons interannulaires de la cavité générale dont on entrevoit, par place, la structure fibreuse; *d d*, débris des parois de l'intestin, adhérant encore à la paroi interannulaire; *e e*, dépressions interannulaires des téguments reliées aux cloisons extérieures par une ligne plus foncée.

Fig. 4. Préparation prise sur la même espèce et dans la même région, vue à un grossissement d'environ 60 diamètres (animal conservé dans l'alcool depuis vingt-cinq ans).

a a, couches tégumentaires avec une dépression interannulaire; *b b*, muscles longitudinaux; *c c*, faisceaux fibreux venant des cloisons; *d d*, muscles longitudinaux, passant entre les faisceaux précédents sans présenter rien de particulier; *e*, vaisseau sanguin qui accompagne l'un des faisceaux fibreux et va se ramifier dans les téguments.

NOTE SUR LES SYSTÈMES MUSCULAIRE, VASCULAIRE ET NERVEUX DE LA TROMPE CHEZ LA MARPHYSE SANGUINE.

Dans le bel ouvrage que M. E. Ehlers consacre à l'étude zoologique et anatomique des Annélides (1), ce savant a fait quelques rapides remarques sur les observations que j'ai publiées, il y a bien longtemps, touchant le système nerveux de la Marphyse

(1) *Die Borstenwürmer*, 2e partie, 1868.

sanguine, et me reproche un certain nombre d'erreurs. Je reproduis cette critique.

M. Ehlers pense que je me suis trompé relativement au nombre et à la division des troncs nerveux portant des ganglions abdominaux; il n'a jamais rencontré les ganglions que j'ai indiqués comme existant à l'intérieur des pieds; il pense que les connectifs du cerveau naissent non pas du bord, mais de la face inférieure de cet organe; il ne croit pas à l'existence des nerfs partant du bord antérieur du cerveau et pense que j'ai regardé comme tels des vaisseaux ou des filets fibreux; il n'a pu trouver le système nerveux proboscidien.

M. Ehlers insiste surtout sur ce dernier point et ajoute : « A » l'endroit même où, selon Quatrefages, devrait se trouver la » division de ces nerfs, j'ai trouvé seulement deux vaisseaux » considérables, tout à fait pareils et formant un anneau. Ces » vaisseaux parcourent la masse buccale entière en partie entre » le canal œsophagien et la cavité qui renferme les dents; et » en conséquence, je ne puis m'empêcher de penser qu'une » grande partie des filets décrits comme des nerfs ne sont, en » réalité, que des vaisseaux. L'existence d'un système nerveux » allant du cerveau au commencement du tube digestif ne me » semble donc pas devoir être considérée comme démontrée. » S'il en existe un, on ne lui trouvera pas les formes décrites » par Quatrefages. »

Tel est l'ensemble d'observations et de critiques auquel je tiens à répondre.

Je dois dire d'abord qu'il en est de fondées. Le travail dont parle Ehlers est le premier que j'aie publié sur le système nerveux des Annélides (1). Il présentait bien des erreurs et des lacunes que j'ai relevées et comblées, j'espère, pour la plupart, dans un second travail beaucoup plus étendu. Celui-ci reposait, entre autre, sur un ensemble de préparations qui ont été apportées à Paris, et montrées à qui a voulu les voir (2).

(1) *Annales des sciences naturelles*, 3e série, t. II, 1844.

(2) *Mémoire sur le système nerveux des Annélides* (*Ann. des sc. nat.*, 3e série, t. XIV, 1850). J'ai pu entre autre remercier publiquement MM. Rayer et Valen-

Dans ce second travail, il n'est question de la Marphyse sanguine que pour quelques faits fondamentaux nécessaires pour donner à mes conclusions toute leur généralité. Je n'avais pu, en effet, jusque-là, faute de matériaux, reprendre sur cette espèce une étude détaillée dont j'étais le premier à sentir la nécessité. Une seule fois, à Saint-Waast, en 1849, j'avais eu à ma disposition un individu de petite taille. Je ne manquai pas de faire la vérification au moins des points essentiels. Je pus ainsi reconnaître un certain nombre d'inexactitudes, et à mon retour à Paris, la même année, je m'empressai de communiquer à la Société philomathique, et de publier une note à ce sujet (1). Voici quelques passages de cette Note :

« C'est à tort que j'ai regardé, chez l'Eunice (2), les connectifs » du cerveau comme ne donnant naissance à aucun tronc ner- » veux. »

« J'ai peut-être donné trop d'importance aux nerfs buccaux » en les considérant comme un système spécial. Des anasto- » moses que j'ai regardées *comme probables* entre ce système et » le système de la trompe n'ont pu être retrouvées par moi. Je » crois qu'ici, comme dans la portion terminale du système » proboscidien, j'ai pris des ligaments pour des filets nerveux. »

« J'ai eu tort de regarder comme deux troncs distincts, le » gros tronc nerveux partant des ganglions abdominaux. Ce » tronc est réellement simple. Je crois, en outre, qu'une des » petites paires indiquées dans ma Note (et figurée dans les » planches) n'est composée que de fibres d'attache ligamen- » teuses. »

Evidemment, M. Ehlers ne connaissait pas cette Note quand il a publié son livre. Il n'eût pas manqué de dire que j'avais tout le premier relevé une partie des erreurs qu'il signale dans mon travail et quelques-unes dont il ne dit rien.

ciennes qui avaient bien voulu consacrer plusieurs heures à leur examen. (*Ann. des sc. nat.*, 3e série, t. XIII. — *Résumé de mes recherches*, à l'Académie des sciences.)

(1) *L'Institut*, n° 814, p. 251.

(2) Avec la généralité des naturalistes, je ne distinguais pas à cette époque les *Marphyses* des *Eunices*.

Nous restons néanmoins en désaccord avec M. Ehlers sur certains points.

Je me borne à rappeler ce qu'il dit au sujet des ganglions placés à la base et à l'intérieur des pieds. Ici, je pense qu'il a raison en ce qui concerne *les rapports* que j'avais attribués à ces renflements nerveux, et que j'étais dans le vrai en en signalant l'*existence*. Ces ganglions sont très-probablement ceux que j'ai trouvés chez toutes les Annélides, à l'extrémité des grands troncs qui partent des ganglions abdominaux. Ils sont toujours placés près de la cavité des pieds. Il est probable qu'en cherchant à nettoyer outre mesure le nerf qui les porte, je l'aurai en partie déchiré; et qu'après avoir déplacé le ganglion lui-même, je l'aurai cru enfoncé dans la cavité dont il est seulement voisin.

Mais, comme on l'a vu, Ehlers insiste surtout sur l'ensemble du système nerveux proboscidien. Il pense que j'ai pris pour les troncs principaux de ce système de simples vaisseaux sanguins, et croit être certain qu'on ne trouvera rien qui ressemble à ce que j'ai décrit et figuré.

J'ai, au contraire, la certitude d'être ici dans le vrai. Toutes mes études ultérieures ont confirmé sur ce point les résultats de mes premières recherches. Or il est facile de comprendre le soin que j'ai dû porter à cette vérification. J'avais trouvé chez toutes les autres Annélides des origines et une disposition générale différentes. Mon attention était donc éveillée d'une manière toute spéciale. Le résultat même des études faites sur les autres types devait me mettre en garde contre l'erreur et me faire plus difficilement accepter ce qui existe bien réellement chez la Marphyse et les autres Euniciens et Lombrinériens.

Au reste, j'ai compris depuis longtemps que le moment viendrait où j'aurais besoin de preuves pour faire accepter l'existence de cette remarquable exception. Aussi m'étais-je promis de me les procurer à la première occasion. Faute de temps et de matériaux, je n'ai pu atteindre ce but comme je l'aurais désiré. Pourtant, les deux préparations que j'ai rapportées, l'année der-

nière, du bord de la mer et dont la figure ci-jointe est la reproduction (1), suffisent pour bien montrer les dispositions fondamentales de l'appareil nerveux proboscidien dans la Marphyse sanguine. M. Lacaze-Duthiers a bien voulu les examiner de près et constater l'exactitude des faits que j'avais avancés. Je serai heureux de pouvoir mettre ces pièces de conviction sous les yeux de quelques autres de mes confrères.

Je m'explique d'ailleurs fort bien l'incrédulité d'Ehlers. Le système nerveux dont il s'agit est bien plus difficile à découvrir que celui des Néréides. Chez ces dernières, il suffit d'enlever avec précaution les masses musulaires de la trompe pour isoler les gros ganglions qui reposent sur la membrane même qui tapisse l'intérieur de la cavité proboscidienne. Une fois ceux-ci mis à jour, on suit, sans trop de peine, les filets qui les unissent. Il n'y a d'ailleurs dans le voisinage aucun vaisseau prêtant à une méprise. Enfin, la structure relativement simple, le peu de densité de la plupart des tissus, facilitent encore les recherches (2).

Chez les Marphyses, la masse charnue qui entre dans la composition de la trompe présente une structure des plus compliquées. Il y a là plusieurs couches de muscles superposées, présentant des bandes fibreuses, souvent, paraît-il, de véritables tendons et des aponévroses. C'est au milieu de ces tissus serrés, entrecroisés et qui présentent pour la plupart une grande résistance, qu'il faut découvrir et suivre les nerfs. La forme même des parties, les replis profonds, les anfractuosités de la trompe, la transposition de l'œsophage à sa région antérieure et supérieure concourent à accroître les difficultés.

La richesse de l'appareil circulatoire vient les augmenter encore. La trompe est parcourue par de nombreux vaisseaux qui l'abreuvent largement et donnent à ses tissus l'aspect d'une

(1) Pl. VII, fig. 9.

(2) Ehlers a fort bien su reconnaître et suivre les principaux troncs de ce système nerveux sur des individus *qui avaient été conservés dans l'alcool* (*Die Borstenwürmer ; Gœttingische gelehrte Anzeigen*, 21 avril 1869).

véritable chair ; les troncs vasculaires quand ils se vident peuvent prêter à des erreurs. Parmi eux, il en est dont le trajet répète presque exactement, au moins en partie, celui des troncs nerveux. Je comprends donc sans peine qu'Ehlers, en trouvant ces vaisseaux sur un point correspondant à celui où je plaçais des nerfs, ait cru que je m'étais trompé. C'est au-dessous et à une certaine profondeur que les nerfs sont placés.

Il m'a semblé que, pour lever les doutes qui pourraient encore exister sur ces divers points, il pouvait être bon de placer, à côté du croquis reproduisant mes préparations récentes, des figures plus détaillées, empruntées à cette monographie de la Marphyse que j'avais commencée à Brehat, et que j'ai cru longtemps pouvoir terminer un jour. L'étude de la trompe, surtout de la région supérieure, était une des parties les plus avancées de ce travail ; et il ne sera peut-être pas sans intérêt de voir jusqu'où est portée ici la complication organique. On verra d'ailleurs par là que je ne pouvais avoir commis la confusion que me prête Ehlers, et que j'avais bien reconnu non-seulement les vaisseaux dont il parle, mais encore d'autres. Ces dessins et les quelques explications que je vais ajouter pourront, en outre, être utiles aux naturalistes tentés de reprendre le travail que je suis forcé d'abandonner (1).

I. *Forme et disposition générales de la trompe et de ses annexes.* — La trompe de la Marphyse sanguine considérée dans son ensemble forme une masse irrégulièrement oblongue, étendue de la partie antérieure de l'anneau buccal jusqu'à la hauteur du sixième et du septième anneau. La longueur, le diamètre, varient d'ailleurs dans des limites assez étendues, selon l'état de contraction, soit des muscles propres de la trompe, soit de ceux

(1) Je dois faire une remarque au sujet de ces figures. Pour faciliter la représentation des parties, sans grandir mes dessins outre mesure, j'avais donné aux anneaux une longueur supérieure à celle qui existe en réalité. Il en résulte que les objets sont trop allongés. Mon intention était de faire disparaître ce défaut dans les dessins définitifs que je comptais exécuter en reprenant cette étude dans tous ses détails. Il a, du reste, peu d'importance, une fois qu'on est prévenu du fait.

qui sont destinés à la ramener dans son ensemble en avant ou en arrière (1).

Les coupes qu'Ehlers a données de la trompe de l'Eunice de Harasse (2) peuvent donner une idée de ce qu'est la cavité de la trompe dans la Marphyse sanguine. Seulement, cette cavité est plus accidentée encore que dans l'espèce étudiée par le savant allemand. On peut se la représenter comme formée de deux chambres allongées que sépare un repli profond (3). La chambre inférieure présente dans la partie médiane le labre, sur les côtés duquel s'élèvent deux forts bourrelets brusquement interrompus en arrière. La chambre supérieure renferme les dents et les denticules (4), dont le plus grand est fixé à un fort bourrelet qui circonscrit en avant une anfractuosité latérale et profonde.

A la voûte de cette chambre se trouve l'ouverture de l'œsophage placée très-peu en arrière de la bouche ; elle consiste en une fente étroite, entourée de deux forts bourrelets allongés, et comme dentelée des deux côtés par de petits mamelons (5).

Le canal œsophagien traverse donc ici la trompe à sa partie antérieure et supérieure, au lieu d'être, comme chez les autres Annélides, un simple prolongement de cet organe. Après en avoir franchi les parois, il reste adhérent à la face supérieure de la trompe, et ce n'est qu'après avoir dépassé l'origine des grands muscles rétracteurs dont je parlerai plus loin, qu'il se porte obliquement de haut en bas pour aller traverser la première cloison interannulaire placée entre le septième et le huitième anneau (6). Il se continue en arrière jusqu'au vingt et unième anneau. Là il pénètre dans la première poche intestinale, et fait saillie à l'intérieur, comme une sorte de manchon à bords frangés.

(1) Pl. VI et VI, fig. 1, 2, 3.

(2) *Loc. cit.*, pl. XIII, fig. 17, 18, 19 et 20.

(3) Fig. 3.

(4) Fig. 3.

(5) Fig. 12. Dans ce dessin j'ai fortement écarté les parties pour faire voir l'entrée de l'œsophage et ses bourrelets. A l'état de repos les dents sont très-rapprochées.

(6) Fig. 1, 2, 3, 6.

Il suffit de jeter un coup d'œil sur les figures qui accompagnent ce travail pour comprendre que la contraction ou le relâchement des muscles propres de la trompe suffisent pour produire des mouvements énergiques, étendus, et très-capables de modifier considérablement les proportions, soit de son ensemble, soit de ses diverses régions. C'est à peu près exclusivement à eux, par exemple, que sont dues l'extroversion incomplète de la cavité proboscidienne et la projection des dents qui peut être portée assez loin pour que les dents supérieures prennent une position presque complétement transverse. Il est vrai que cette extroversion doit être facilitée par la contraction des muscles puissants qui s'attachent en dessus derrière la tête proprement dite, et se portent obliquement en arrière et en dehors. Leur présence et leur action expliquent comment, lorsque l'animal veut mordre, la tête est fortement renversée en dessus (1).

Les mouvements d'arrière en avant de la masse proboscidienne ne peuvent être aidés que très-faiblement chez la Marphyse par la poussée du liquide de la cavité générale. La disposition des parties ne se prête pas à une action de cette nature comme chez les Nephtys et les Glycères, où le déroulement de la trompe tient à peu près exclusivement à cette cause. Les mouvements dont il s'agit sont évidemment dus surtout à l'action des muscles mêmes de la masse proboscidienne, et à celle des bandelettes musculaires qui, partant des deux côtés, un peu au-dessus de l'œsophage, vont s'insérer aux plans ligamenteux épais et résistants placés entre la tête proprement dite et l'anneau buccal (2) ; mais il est facile de voir que ces muscles sont trop peu développés pour produire des mouvements bien énergiques.

Il est remarquable que d'aussi faibles bandelettes musculaires aient des antagonistes remarquables, au contraire, par leur développement. Tels sont avant tout les énormes muscles rétrac-

(1) Fig. 1 et 2. Un autre muscle présentant la même direction, mais s'insérant plus en arrière et moins sur les côtés se trouve dans la couche que je ne reproduis pas ici comme étant peu utile.

(2) Fig. 1 et 2 *b*.

teurs placés en arrière (1). Il n'est pas moins remarquable de trouver les analogues de ces muscles à peu près chez toutes les Annélides, quelques différences qu'elles présentent sous le rapport des dispositions générales de la trompe et de son mode de fonctionnement. Ils existent, en effet, chez les Aphroditiens, aussi bien que chez tous les Euniciens, les Néréidiens, etc., et les espèces qui se rattachent à ces types. Ils m'ont semblé ne disparaître que chez les Annélides qui ne possèdent pas de trompe proprement dite.

Chez la Marphyse dont nous parlons, ces muscles rétracteurs prennent naissance en arrière et sur les côtés de la trompe à la hauteur du quatrième anneau, en laissant entre eux une sorte de gouttière qu'occupe l'œsophage. Ils se dirigent obliquement en arrière, et vont s'insérer sur les côtés dans toute l'étendue des cinquième et sixième anneaux. Ils forment d'abord une forte colonne charnue unique, laquelle s'épanouit en un grand nombre de chefs (2). Ces deux portions semblent être composées, au moins dans leur plus grande étendue, de deux systèmes de muscles distincts accolés, et réunis par un plan fibreux à peu près parallèle aux parois de la trompe. Leur ensemble constitue des muscles *rétracteurs postérieurs*. On peut encore considérer comme *muscles rétracteurs antérieurs* deux grands plans musculaires, qui, des parois latérales de l'anneau buccal, se portent en avant et en dedans, et vont s'attacher à la fois sur la ligne médiane de la portion la plus antérieure de la trompe, et au fort repli ligamenteux qui sépare la tête de l'anneau buccal (3). L'action de ce muscle est donc d'entraîner en arrière à la fois la tête et la partie la plus antérieure de la trompe, en même temps qu'ils fixent celle-ci en avant.

En outre de ces muscles d'attache antérieurs et postérieurs, la trompe est fixée aux parois latérales du corps par une couche musculaire, et peut-être en partie fibreuse appartenant exclusivement à la face supérieure. Cette couche présente un peu

(1) Fig. 2 *k l*; fig. 3, *g*,*g*.
(2) Fig. 2.
(3) Fig. 2 *c*.

l'aspect d'une aponévrose étendue de la trompe aux parois du corps. Elle est composée de bandelettes adhérentes, en partie au moins aux deux bords d'un repli sous-jacent, et qui se portent ensuite vers les parois du corps en formant des chefs distincts et assez réguliers. Ces chefs correspondent, les uns, à la partie renflée des anneaux, les autres aux constrictions interannulaires (1).

A part ces trois systèmes de muscles et ses attaches autour de l'ouverture buccale, la Trompe est libre dans toute son étendue ; on n'a d'autres attaches en arrière et en dessous que des brides très-ténues et de nombreux vaisseaux sanguins. Il n'y a pas de cloisons interannulaires dans la région du corps qui lui correspond. De plus, les trois premières que traverse l'œsophage n'atteignent pas les parois latérales du corps et se fixent sur les côtes à une forte aponévrose (2) partant du 10^{e} anneau.

II. *Muscles propres de la trompe.* — Cette partie de la monographie que j'avais entreprise est de beaucoup la plus complète. J'avais débuté par là ; je ne comptais pas avec le temps ; j'avais les matériaux en abondance, et je n'ai jamais pris le crayon que lorsque j'avais sous les yeux une préparation bien nette. Aussi je crois pouvoir regarder comme exacts — sous la réserve faite plus haut — les dessins ci-joints qui représentent la musculature générale de la Trompe. Alors même qu'ils présenteraient quelques inexactitudes de détail, ils n'en témoigneraient pas moins de la complication organique remarquable que présente la Trompe chez les Marphyses et sans doute chez tous les Euniciens.

Cette complication se retrouve dans les parties plus profondes pour lesquelles j'ai aussi un assez grand nombre de dessins ou mieux de croquis que je ne reproduis pas ici. A mesure que l'on dépasse dans ces dissections délicates les couches superficielles de l'organe et que l'on pénètre dans les replis, l'étude devient

(1) Fig. 1 *cc*.
(2) Fig. 6.

plus difficile. Les muscles propres des dents ne sont rien moins qu'aisés à démêler et à suivre. En quittant Brehat, je sentais le besoin de revoir cette partie de mon travail. Je n'en parlerai donc pas aujourd'hui.

Je serai en outre très-bref relativement à ceux de ces dessins que je crois pouvoir mettre sous les yeux de mes confrères et ne chercherai pas à expliquer longuement la disposition anatomique et la fonction de chacun de ces muscles. Il me semble qu'un coup d'œil jeté sur les figures en apprendra plus que tout ce que je pourrais dire.

Si l'on enlève à la partie supérieure des premiers anneaux d'une Marphyse les téguments et la couche musculaire sous-jacente qui est ici assez mince, on trouve la Trompe et la couche musculaire et fibreuse (?) dont j'ai déjà parlé (1). Sous celle-ci on rencontre une autre couche à laquelle la précédente adhère par places, comme je l'ai dit, et qui revêt toute la Trompe (2). Cette couche est fibreuse, d'apparence plutôt tendineuse que musculaire.

Au-dessous de cette enveloppe générale commencent les véritables couches musculaires. A la face supérieure on remarque d'abord, tout à fait en avant, un large muscle qui naît d'une forte membrane fibreuse fortement adhérente aux téguments qu'elle semble continuer et qui s'enfonce entre la tête proprement dite et l'anneau œsophagien (3). Ce muscle contourne la trompe, vient s'épanouir à la face inférieure et s'attache sur les côtés du labre (4). Il ramène donc cette pièce solide en haut et en avant en même temps qu'il concourt à redresser et à rejeter en arrière la tête proprement dite dans l'acte de protraction des droits. — Un muscle plus étroit et fort mince, peut-être un simple chef du précédent, suit à peu près la même direction. — Enfin, deux muscles ayant le même point d'attache sur la ligne médiane se portent obliquement en arrière à droite et à gauche, de manière

(1) Fig. 1.
(2) Fig. 2 *ff*.
(3) Fig. 7 *d*.
(4) Fig. 7 *c*.

à répondre à peu près à l'ouverture œsophagienne qu'ils contournent probablement (1).

En arrière des muscles précédents à la face supérieure et sur les côtés de l'œsophage, on distingue la première couche de ceux qui composent essentiellement la masse proboscidienne proprement dite. Dans les deux tiers antérieurs (2), cette couche est formée par les chefs d'attache nombreux (3) que fournit un large muscle venant de la face inférieure (4). Dans le tiers postérieur, on distingue en partie une masse charnue très-épaisse composée de faisceaux robustes et nombreux.

On peut la considérer comme formée de deux parties, l'une s'étendant en arrière du point où sont implantées les dents, l'autre placée sur les côtés de ces organes. La première forme à elle seule toute la portion terminale de la trompe (5). Les muscles qui entrent dans sa composition ont une disposition semi-annulaire. Ils s'implantent dans une forte aponévrose faisant suite au petit stylet corné, prolongé en arrière des grandes dents supérieures. En se joignant sur la ligne médiane, ces muscles forment en dessus et en dessous un fort raphé plus prononcé à la face supérieure qu'à la face inférieure. La portion antérieure de la masse dont il s'agit s'attache à une aponévrose épaisse et très-résistante qui part du point d'attache des dents supérieures et suit le contour externe de celles-ci (6). Les muscles qui la composent se portent à la face inférieure et vont se fixer à une autre aponévrose partant de la base externe du labre (7). Un fort plan musculaire à fibres transverses les continue pour ainsi dire sur la portion médiane de la même face (8).

La portion antérieure de la masse dont je viens de parler re-

(1) Fig. 2 *e e*.
(2) Fig. 2.
(3) Fig. 2 *g g*.
(4) Fig. 7 *d*.
(5) Fig. 2 *h* et fig. 6 *h h*.
(6) Fig. 6 et 9.
(7) Fig. 6.
(8) Fig. 6.

monte jusqu'à la hauteur des attaches de l'œsophage (1). Une partie reste cachée par un muscle large et mince dont je n'ai pas reproduit l'origine antérieure, mais qui passe sous l'œsophage pour venir se fixer à un point correspondant à la base des dents supérieures (2). Du même point partent de chaque côté deux muscles qui se portent en haut et en avant pour se fixer à l'œsophage (3).

Après avoir enlevé les parties que je viens d'indiquer, on trouve — toujours à la face supérieure — en avant de l'œsophage un muscle circulaire (4). Ce muscle est croisé par les deux petits muscles protracteurs de la trompe (5) dont j'ai déjà parlé et qui sont très-importants à signaler. En effet, si Ehlers a pu penser que j'avais pris pour des nerfs les vaisseaux représentés dans les figures 1 et 2, on pourrait aussi croire que j'ai pris pour les racines du système nerveux proboscidien deux de ces faisceaux musculaires. La paire interne est en effet placée à peu près dans la direction de ces racines et présente une disposition assez semblable. Mais c'est bien plus profondément qu'il faut aller chercher les origines du système nerveux stomato-gastrique de la Marphyse.

A la même couche appartiennent les fibres qui irradient en avant autour de l'origine de l'œsophage (6), ainsi que deux petits systèmes de muscles que ce canal cache lorsqu'il est en place. Tous deux sont des muscles moteurs des dents supérieures : l'un les porte en avant (7), l'autre les rapproche l'une de l'autre (8).

Au côté externe de la dent, la membrane interne de la trompe forme un repli peu prononcé dans lequel est logé en partie un gros muscle longitudinal qui s'attache à la base des dents et se porte en avant et en bas. Je n'ai pas déterminé son attache

(1) Fig. 6.
(2) Fig. 6 *f*.
(3) Fig. 6 *d*.
(4) Fig. 6 *b b*.
(5) Fig. 6 *a*.
(6) Fig. 6 *c*.
(7) Fig. 6 *e e*.
(8) Fig. 6 *g*.

antérieure. Je vois dans mes notes qu'il porte le paquet des dents en avant et un peu en bas.

Je ne puis, je le répète, donner des détails aussi précis sur les muscles de la face inférieure de la trompe non plus que sur ceux qui appartiennent en propre aux dents. Je me borne à dire que chacune a les siens plus ou moins développés, mais toujours remarquablement faibles relativement aux masses musculaires dont j'ai donné une idée sommaire. Il me paraît évident que l'action des muscles dentaires ne suffit pas à beaucoup près pour rendre compte de la pression qu'exercent les grandes pinces de la Marphyse. Cette pression est assez forte pour causer parfois une légère douleur. On doit l'attribuer pour la plus grande part à la contraction des couches musculaires générales signalées dans les figures 2, 3, 6 et 7.

La structure de l'œsophage est aussi assez compliquée. Au sortir de la trompe, il est un peu comprimé et dilaté, de manière à former une légère saillie au-dessus des parties voisines. Plus loin il se rétrécit et devient cylindrique. Ses faces supérieure et inférieure sont d'abord seulement membraneuses. Elles acquièrent ensuite une couche musculaire à fibres longitudinales (1). Presque à son origine, la membrane qui le tapisse intérieurement présente de chaque côté un large repli représenté extérieurement par une gouttière longitudinale dans laquelle pénètrent des vaisseaux et des nerfs (2). Les deux bords de cette gouttière sont réunis dans la portion proboscidienne par une couche musculaire, assez lâche et à fibres transverses (3). Au delà, cet appareil musculaire se complique et devient plus puissant. Il se compose alors de faisceaux musculaires assez forts et entrecroisés qui réunissent les deux bandes musculaires longitudinales supérieure et inférieure (4).

Il est facile de comprendre comment l'action combinée de ces muscles peut faire cheminer un bol alimentaire tout le long du conduit œsophagien.

(1) Fig. 6.
(2) Fig. 6 *k*.
(3) Fig. 6 *l*.
(4) Fig. 6 *m*.

En résumé, la trompe de la Marphyse, comme celle des autres Annélides, ne présente d'autres pièces solides que la portion postérieure des dents implantées dans les tissus et la petite pièce cornée sur laquelle semblent s'appuyer les dents supérieures et que j'ai figurée dans l'atlas de mon *Histoire des Annélides*(1). Elle n'en présente pas moins une complication organique remarquable. Des muscles généraux bien distincts, très-nombreux, la composent presque entièrement. Ceux-ci se fixent à des couches fibreuses très-résistantes, parfois relativement épaisses et qu'on peut considérer comme de véritables aponévroses. Les muscles propres des dents n'entrent que pour une faible partie dans la masse totale. Il semble qu'ils aient surtout pour fonction de placer les organes solides dans une position convenable à l'attaque, à la défense, à la préhension, mais que l'énergie de l'action à exercer dépende essentiellement des muscles généraux.

Je dois ajouter ici une remarque essentielle, en ce qu'elle tend à rendre compte d'une disposition organique générale chez les Annélides dont la trompe présente quelque développement.

J'ai dit plus haut que chez la Marphyse, le liquide de la cavité générale ne devait intervenir que pour une faible part dans les mouvements généraux de la trompe, contrairement à ce qui se voit chez diverses espèces appartenant à des types différents. Je ne crois pourtant pas qu'il n'ait aucun rôle à jouer. L'espace dans lequel est logé la trompe forme comme une grande chambre bien distincte. Ce liquide peut s'y mouvoir en toute liberté. Lorsque les parois du corps se contractent, la poussée qu'il exerce ne peut que tendre à porter en avant et à ouvrir largement les lèvres qui, à leur tour, entraînent la masse proboscidienne. Le liquide de la cavité générale vient donc en aide aux faibles muscles protracteurs que j'ai signalés.

Mais cette action s'exerce inévitablement d'une manière générale et par le fait seul des mouvements de l'animal lorsqu'ils sont un peu énergiques, alors même qu'il n'a aucune raison pour se

(1) Pl. 10, fig. 5.

servir de la puissante armature de sa bouche. Il en est inévitablement de même chez toutes les Annélides et surtout chez les Errantes. Cette simple considération suffit pour rendre compte de l'existence de ces puissants muscles rétracteurs que nous trouvons ailleurs comme ici. Ils n'ont pas seulement pour fonction de ramener la trompe en arrière quand elle a été plus ou moins extroversée ; ils doivent surtout et à chaque instant contre-balancer l'impulsion que les mouvements du corps tendent à donner à cet organe par l'intermédiaire du liquide de la cavité générale.

III. *Appareil circulatoire de la trompe.*—Dans son beau mémoire connu certainement de tous nos lecteurs (1), M. Milne Edwards a fait connaître dans tout ce qu'il a de général l'appareil vasculaire de la Marphyse sanguine. Je n'ai donc rien à dire sur ce sujet, et me borne à décrire, avec un détail qui n'entrait pas dans le plan de mon éminent confrère, la portion de cet appareil appartenant à la trompe seule.

Chez la Marphyse sanguine le grand vaisseau abdominal (*aorte*), suivi d'arrière en avant, arrive jusque dans le 6^{me} anneau avec l'appareil de troncs latéraux et de cours si bien décrit et figuré par M. Milne Edwards. Mais dans le 7^{me}, c'est-à-dire dans celui où finit la trompe, ces dispositions se modifient brusquement. On peut dire qu'il s'y termine.

Il fournit alors de chaque côté les divisions suivantes (2) :

1° Un grand tronc très-sinueux, dont les dimensions sont plutôt amoindries qu'exagérées dans la figure. Ce tronc est fixé très-lâchement en bas et sur les côtés de ce qu'on peut appeler la *chambre proboscidienne*. C'est lui qui fournit aux couches musculaires du corps les artères qui plus en arrière partent directement du vaisseau abdominal. Il donne aussi des artérioles extrêmement grêles à la chaîne nerveuse ganglionnaire abdominale. Il remonte en serpentant jusqu'à la hauteur du premier an-

(1) *Recherches pour servir à l'histoire de la circulation chez les Annélides.*
(2) Fig. 8, 9.

neau. Là il passe sous la trompe à laquelle il fournit un fort rameau qui se recourbe en arrière. Un autre rameau plus considérable contourne la trompe et pénètre dans le muscle rétracteur antérieur correspondant (1). Je ne trouve rien dans mes notes sur sa terminaison.

2° Un peu en avant des vaisseaux précédents, l'aorte porte dans le 7e anneau une paire de cœurs beaucoup plus volumineux que tous les autres et en forme de crosse parfois très-largement dilatée à son extrémité (2). Ces premiers cœurs se distinguent surtout des suivants en ce qu'ils ne se continuent pas en un vaisseau latéral et allant aux pieds. Leur contraction ne peut donc chasser le liquide qu'ils renferment que dans le vaisseau abdominal et ses divisions.

3° Immédiatement après avoir donné naissance aux cæcums dilatés qui forment les cœurs, l'aorte se bifurque (3). Les deux troncs ainsi formés donnent naissance aux vaisseaux suivants, que j'énumère en procédant du dedans en dehors.

A. Un fort rameau accolé à la grande masse musculaire postérieure de la trompe. A la hauteur du point correspondant à la terminaison des grandes dents supérieures, ce rameau et son correspondant débouchent dans un véritable *cœur proboscidien*). Celui-ci, d'une forme presque quadrilatère, presque deux fois plus large que long, est placé transversalement. Ses angles postérieurs reçoivent les deux vaisseaux dont je viens de parler. En avant, sur la ligne médiane, il fournit un rameau assez fort qui se porte directement entre l'œsophage et la trompe en donnant des ramuscules aux muscles profonds de celle-ci. Des angles antérieurs du même cœur partent deux autres vaisseaux qui remontent le long des attaches de la grande masse musculaire et lui donnent de nombreux ramuscules. Je vois par mes notes que les quatre divisions principales se portent dans

(1) Je trouve dans une de mes notes que les deux vaisseaux correspondants se joignent presque sous la trompe et forment une anse d'où partent les branches allant à la trompe et à son muscle rétracteur antérieur.

(2) Fig. 6.

(3) Fig. 8, 9.

les directions suivantes : *b* sur les côtés et en avant ; *d* en avant ; *ef* sur les côtés et uniquement à la masse musculaire.

B. Après avoir donné naissance à ce petit système vasculaire profond, chaque tronc aortique fournit une première grande branche qui passe sous l'œsophage et l'accompagne en se portant en avant jusqu'au point où ce canal pénètre dans les parois de la trompe. Là, chacune des branches sort sur les côtés de l'œsophage et continue à se porter en avant jusqu'à la hauteur des muscles rétracteurs antérieurs de la trompe (1). Là, elle traverse les couches musculaires supérieures et vient déboucher dans une dilatation du grand vaisseau dorsal (*veine cave*), qui m'a paru souvent assez marquée pour mériter aussi le nom de cœur (2).

Ces vaisseaux dont je viens de parler sont probablement ceux qu'Ehlers a vus et qu'il pense avoir causé la méprise qu'il m'attribue. Ils suivent en effet presque exactement le même trajet que les grands troncs supérieurs du système nerveux proboscidien. Mais ces derniers sont situés plus profondément, comme nous le verrons plus loin.

C. Les troncs aortiques, après avoir fourni ces branches sous-œsophagiennes, s'élèvent entre l'œsophage et le point d'insertion des grands muscles rétracteurs postérieurs (3). Chacun d'eux fournit encore un rameau à l'œsophage, puis ils pénètrent à travers les couches superficielles de la trompe et le plan d'attaches musculo-fibreuses et viennent ramper à la surface de celui-ci, en suivant à peu près la même direction que les précédents (4). Sur leur trajet, ils donnent au moins deux rameaux aux parois musculaires supérieures du corps (5), et un autre qui s'enfonce dans la gouttière latérale de l'œsophage (6). Enfin, ils aboutissent à la dilatation du grand vaisseau dorsal dont j'ai parlé plus haut et

(1) Fig. 8, 9.
(2) Fig. 8.
(3) Fig. 8 et 14.
(4) Fig. 8.
(5) Fig. 7.
(6) Fig. 7.

s'insèrent un peu en arrière des précédents (1). Mes notes sur la portion de l'appareil vasculaire qui arrose les régions inférieures et profondes sont trop insuffisantes pour que j'en parle ici.

IV. *Système nerveux.* — J'arrive maintenant au système nerveux et aux observations d'Ehlers qui ont déterminé la publication de ces notes.

Le savant allemand a eu raison de penser que le connectif œsophagien ne se continue pas avec les côtés du cerveau comme je l'ai représenté.

Il aurait pu ajouter que la division en lobe antérieur et en lobe postérieur de chaque moitié latérale de cerveau n'est pas aussi prononcée que je l'ai figuré, si même elle existe.

Ehlers pense que j'ai pris, soit des vaisseaux, soit des fibres tendineuses pour des nerfs partant de la partie antérieure du cerveau. — Ici, de nouvelles recherches seraient nécessaires pour décider lequel de nous deux a raison. En 1849 j'ai retrouvé les filets que j'ai indiqués. Ce ne sont bien certainement pas des vaisseaux, car j'ai tenu grand compte des moindres ramifications vasculaires de la tête. Seraient-ce des brides ligamenteuses partant de la membrane qui enveloppe le cerveau et joue le rôle d'une *dure-mère?* Il peut se faire qu'il en soit ainsi. Mais alors cette dure-mère présenterait chez la Marphyse une disposition que je n'ai retrouvée dans aucune autre espèce, bien que l'enveloppe fibreuse existe dans toutes les Annélides.

Je me suis déjà expliqué au sujet du système latéral que j'avais cru provenir directement du cerveau. Je crois bien aujourd'hui m'être trompé sur ce point lors de mes premières recherches, et avoir pris en effet quelques fibres d'attache pour les racines des nerfs des lèvres.

Mais, comme je l'ai dit plus haut, il en est autrement du système nerveux proboscidien. Ici j'avais bien vu, et je n'ai à peu près rien à changer à ce que j'avais dit d'abord, sauf à tenir

(1) Fig. 9 et 13.

compte des remarques que j'avais fait le premier dans la note insérée dans l'*Institut*.

Les détails suivants portent exclusivement sur les points dont je puis démontrer l'exactitude à l'aide des préparations dont j'ai déjà parlé.

Chez la Marphyse, le système nerveux proboscidien ou stomatogastrique naît bien à la face inférieure du cerveau. Ses racines sont au nombre de deux (1). Elles ont leur origine de chaque côté, et vers le milieu ou tout au moins au tiers postérieur de la surface du lobe qui les fournit.

Pour les découvrir, il faut enlever non-seulement les téguments et les couches musculaires du corps, mais encore les couches musculaires appartenant à la trompe et indiquées dans les figures 5, 6, 7 et 8. C'est au-dessous des petits muscles rétracteurs qu'on les trouve. Encore faut-il relever fortement le cerveau pour en apercevoir les origines. La présence du repli fibreux qui sépare la tête de l'anneau buccal, le nombre et la densité des muscles et des attaches fibreuses qui s'implantent sur ce repli, la présence des vaisseaux qui se portent à la tête, rendent la recherche de ces racines assez difficile, même pour celui qui en connaît l'existence et sait le mieux où elles sont.

Les deux racines, d'abord assez distantes, convergent vers la ligne médiane, passent sous le repli dont je viens de parler, et se joignent un peu après leur entrée dans l'anneau buccal (2). Là, elles forment un ganglion ou mieux une sorte de forte bandelette qui s'étend jusqu'à l'origine antérieure de l'œsophage (3). En s'arrêtant à cette hauteur, cette espèce de ganglion allongé fournit un nerf assez volumineux qui se dirige transversalement et que j'ai suivi jusque sur les côtés de la trompe sans qu'il eût sensiblement diminué de volume (4). Il me paraît évident que ce filet se rend à la région inférieure et que sur ce point mes anciennes observations sont exactes.

(1) Fig. 6, 7.
(2) Fig. 5.
(3) Fig. 9.
(4) Fig. 5 et 13.

Après avoir fourni ces filets latéraux, la bandelette nerveuse se partage en deux troncs qui se portent obliquement de haut en bas et de dedans en dehors. Ils se recourbent ensuite autour de l'œsophage de manière à former à la base même de son origine sur la trompe un véritable anneau (1). Vers le milieu de ce trajet chaque tronc fournit un filet qui longe l'œsophage sur le côté (2).

Après s'être rejoints sous l'œsophage, les troncs précédents forment de nouveau une bandelette semblable à celle que j'ai déjà décrite, mais un peu moins forte et un peu plus longue (3). Celle-ci se porte en arrière sur la ligne médiane. Elle se bifurque encore et forme un second anneau (4) dont les branches sont en partie engagées dans la base de la forte aponévrose qui s'implante sur les racines des dents supérieures que l'on entrevoit ici par transparence à travers une couche fibreuse (5).

Voilà tout ce que montrent les préparations que je possède chez moi en ce moment.

Mais est-il vraisemblable que le système nerveux proboscidien de la Marphyse ne se compose que des parties que je viens de décrire? Il me semble évident qu'il ne saurait en être ainsi. La région inférieure de la trompe doit aussi avoir ses nerfs destinés à animer les muscles à peu près aussi puissants chez elle que dans la région supérieure. J'en ai représenté un certain nombre dans le travail cité par Ehlers. Me suis-je trompé à leur égard? J'ai déjà dit (*Institut*, loc. cit.) que je pensais m'être mépris sur la nature d'un filet placé dans la portion terminale postérieure de la Trompe. Cela même peut faire concevoir des doutes sur quelques-uns de ceux que j'ai cru être en connexion ou en continuité avec lui. Je ne pense pas d'ailleurs avoir vu tous les nerfs de cette région inférieure.

Je n'hésite pas à en dire autant, même de la région supérieure.

(1) Fig. 15.
(2) Fig. 15.
(3) Fig. 15.
(4) Fig. 15.
(5) Fig. 15.

Dans mes recherches de 1849, j'avais vu très-nettement et montré à M. Blanchard, avec qui j'avais à ce moment le plaisir de travailler à Saint-Vaast, un filet qui, partant de la bifurcation postérieure de la seconde bandelette (1), se porte au cœur proboscidien placé au-dessus et quelque peu en arrière (2). Nul doute que des recherches attentives ne fassent découvrir de nouveaux et curieux détails dans ce système nerveux intéressant à bien des titres. Mais c'est un travail qu'il me faut désormais laisser à des mains plus jeunes et à des yeux moins fatigués que les miens.

En faisant les préparations que je reproduis ici, j'ai voulu seulement pouvoir montrer en cas de besoin que, malgré ce que présentaient d'exceptionnel les résultats de mes anciennes études sur la Marphyse, ils n'en étaient pas moins exacts pour tout ce qui touche aux origines et à la disposition fondamentale du système nerveux proboscidien. J'espère que mes confrères et Ehlers lui-même ne conserveront plus de doutes sur ce point.

Si l'on veut bien se rappeler que les Lysidices m'ont montré dans le même appareil des particularités entièrement analogues (3) ; si l'on ajoute à ces faits déjà bien significatifs ceux que présentent la disposition de la trompe elle-même, son armature, etc. (4), on sera, j'espère, conduit à se rapprocher des vues que j'ai résumées dans mon livre au sujet des Euniciens et des Lombrinériens. L'ensemble de ces deux familles, parfaitement distinctes sous ces divers rapports de toutes les autres Annélides, me semble devoir former un petit groupe à part ayant autant de valeur que celui qui réunit les Aphroditiens et les Palmyriens (5). En outre, les caractères exceptionnels que présentent ici en même temps le système nerveux stomatogastrique et l'appareil proboscidien, me semble confirmer encore ce que j'ai dit de

(1) Fig. 15.
(2) Fig. 15.
(3) Fig. 15.
(4) Fig. 9.
(5) *Mémoire sur le système nerveux des Annélides proprement dites* (*Ann. des sc. nat.*, t. XIV, pl. 9, fig. 6).

l'étroite liaison qui rattache le premier au second chez les Annélides en général (1).

NOTE SUR L'ORGANE AUDITIF DE LA MARPHYSE SANGUINE.

Dans mon *Mémoire sur les organes des Sens chez les Annélides* (2), j'ai dit que j'avais trouvé deux fois chez la Marphyse sanguine un organe qu'on pourrait peut-être regarder comme se rattachant à l'audition. Je mets aujourd'hui sous les yeux de mes lecteurs le dessin que j'en fis à l'époque de mes recherches sur cette Annélide.

C'est dans l'anneau buccal, un peu sur les côtés de la région dorsale et vers le milieu de l'anneau, que j'ai rencontré ce petit corps. Il se montra sous la loupe comme un corpuscule à peine visible et que sa couleur jaune seule me fit distinguer au milieu des autres tissus. Détaché et porté sous le microscope, il présenta l'aspect que j'ai reproduit (3). Peut-être quelques-unes des particularités de forme qu'on y remarque, et entre autres l'élongation dans le sens transversal de la cavité intérieure, la forme triangulaire arrondie de la masse centrale, etc., tiennent-elles à quelque accident de préparation, car à la loupe l'ensemble m'avait paru sphérique.

Quoi qu'il en soit, on voit que l'organe dont il s'agit consiste en une forte capsule fibreuse à parois épaisses (4), se prolongeant en arrière en un pédicule évidemment coupé par les instruments (5) et présentant dans son intérieur une cavité remplie de liquide. Au milieu de cette cavité, et isolé de toute part, se trouve un corps composé de granulations confuses qui s'effacent vers la surface, et dont la teinte générale est jaunâtre (6).

Un tronc volumineux, de nature bien probablement nerveuse,

(1) *Second mémoire sur le système nerveux des Annélides.*
(2) *Ann. des sc. nat.*, 3e série, t, XIII.
(3) Pl. VII, fig. 16.
(4) Fig. 16.
(5) Fig. 16.
(6) Fig. 16.

pénètre par le pédicule de l'organe, et vient s'épanouir à la partie postérieure de la cavité. Dans cet épatement, il présente une structure granuleuse. Là aussi il est entouré d'une légère couche de pigment jaunâtre pâle à granulations irrégulières. Un amas analogue se trouve à la partie antérieure. On ne voit rien de semblable sur les côtés.

L'ensemble de cette disposition rappelle bien ce qu'on a tant de fois décrit dans les organes considérés comme auditifs chez les Mollusques, les Annélides, etc. ; toutefois, la structure ou au moins l'aspect de l'otolithe me semblent assez exceptionnels.

EXPLICATION DES FIGURES (1).

PLANCHE 6.

Fig. 1. Cette figure ne représente que la moitié droite du corps. La moitié supérieure de la tête et du cerveau sont enlevés ; à *la région proboscidienne,* il en est de même pour les téguments et les couches musculaires sous-jacentes.

a, moitié de la tête proprement dite, montrant la structure des tissus placés en avant du cerveau et les nombreux vaisseaux qui les abreuvent. L'un de ces vaisseaux, passant sous le cerveau, se bifurque à la hauteur de l'échancrure qui sépare les deux lobes et fournit de chaque côté une arcade qui se replie jusqu'en arrière. — *b,* cloison fibro-ligamenteuse très-forte qui sépare la tête proprement dite de l'anneau buccal. — *c,c,c, première couche musculaire* et aponévrotique (?) de la trompe, se fixant sur les côtés de l'œsophage *d.* — *e,e,* grand vaisseau proboscidien supérieur ou superficiel donnant les troncs *f,f* qui se portent aux couches musculaires du corps. — *g,* vaisseau dorsal qui se bifurque en arrière dès qu'il a dépassé la région proboscidienne.

Fig. 2. Dans cette figure, la tête montre les mêmes parties que dans la précédente. Dans la région proboscidienne, l'œsophage est en place ; la moitié gauche du dessin présente la *seconde couche musculaire* de la trompe ; la moitié droite reproduit la *troisième couche musculaire* et les vaisseaux qui en dépendent.

a, tête. — *b,* cloison fibro-ligamenteuse. — *c,* muscle rétracteur et élévateur de la tête. — *d,* muscle qui contourne la trompe et s'attache au lobe inférieurement (fig. 7 *c*). — *e,e,* muscles qui contournent l'œsophage (?). — *f,f,* première couche musculaire proboscidienne, composée de muscles qui se recourbent en dessous et s'attachent par une large aponévrose à la face inférieure (fig. 7 *e,e*). — *g,g,* chefs

(1) Par suite de diverses circonstances survenues pendant l'impression de ce mémoire, il a pu se glisser quelques erreurs d'indication dans les notes placées au bas des pages ; en cas de doute, le lecteur est prié de vouloir bien consulter cette explication que j'ai quelque peu étendue pour ce motif.

musculaires du grand muscle de la face inférieure (fig. 7 *d*). — *h*, portion postérieure de la grande masse musculaire proboscidienne que l'on retrouve dans les figures 6 et 7. — *i*, muscle protracteur des dents représenté en entier figure 6. — *k*, grand muscle rétracteur de la trompe avec toutes ses attaches aponévrotiques. — *l*, le même, dépouillé de ses couches supérieures et superficielles. — *m*, *m*, *m*, œsophage en place. — *n*, cloison interannulaire. — *o*, muscles longitudinaux du corps. — *p*, *p*, *p*, cavité générale du corps. — *q*,*q*, origine du grand vaisseau proboscidien superficiel de la figure 1. — *r*, grand vaisseau proboscidien profond. — *s*, dilatation du vaisseau dorsal, du corps recevant les troncs précédents et jouant le rôle de cœur (pour le détail, voyez fig. 4).

Fig. 3. Dans cette figure, la trompe est vue en dessous. La moitié inférieure est enlevée dans la plus grande étendue de l'organe, de manière à montrer le grand repli qui en divise la cavité.

a, contour de la tête, vu en dessous. — *b*, onverture buccale dilatée. — *c*,*c*, les lèvres forment un épais bourrelet. — *d*, orifice de l'œsophage entr'ouvert et montrant de grandes papilles et deux forts bourrelets longitudinaux. — *ee*, dents. — *f*, portion postérieure de la trompe dont on a enlevé les trois premières couches musculaires, de manière à montrer les grands muscles protracteurs des dents. — *g*, *g*, grands muscles rétracteurs de la trompe. — *h*, œsophage.

Fg. 4. Dans la préparation reproduite dans ce croquis, la trompe et la moitié inférieure du corps ont été enlevés pour permettre de mieux voir le vaisseau dorsal et le centre vasculaire auquel aboutissent les grands vaisseaux proboscidiens représentés dans les figures 1 et 2.

a, vaisseau dorsal. — *b*, vaisseau proboscidien de la figure 2. — *c*, vaisseau proboscidien de la figure 1. — *d*, continuation du vaisseau dorsal qui pénètre dans la tête et passe sous le cerveau.

Fig. 5. Organe auditif (?) de la Marphyse.

a,*a*,*a*, enveloppe fibreuse.— *b*, cavité remplie d'un liquide diaphane.— *c*, masse granuleuse isolée dans ce liquide (*otolithe ?*). — *d*, nerf se terminant à la cavité par un large épatement.

PLANCHE 7.

Fig. 6. Dans cette figure, la trompe est vue en dessus ; la première et la seconde couche musculaire appartenant exclusivement à la trompe ont été enlevées. L'œsophage a été détaché, relevé à gauche, et ses muscles propres sont représentés. En arrière de l'origine de ce canal, on voit au côté gauche la *troisième couche musculaire* de la trompe ; à droite, la *quatrième et dernière couche* de muscles est mise à découvert. Les grands muscles rétracteurs ont été enlevés.

a, muscles protracteurs de la trompe. — *b*,*b*, muscles circulaires dont les attaches inférieures n'ont pas été déterminées. — *c*, faisceaux musculaires irradiant autour de l'orifice de l'œsophage et devant contribuer à l'ouvrir. — *d*, petit muscle longitudinal moteur des dents. — *e*,*e*, muscles adducteurs des dents. — *f*, grand muscle protracteur supérieur des dents. — *g*, grand muscle protracteur inférieur des dents (fig. 3 *f*). — *h*,*h*, grande masse musculaire postérieure de la trompe. —

i,i, portion antérieure de l'œsophage détachée de la trompe et rejetée sur le côté. — *k*, repli longitudinal latéral de l'œsophage qui se prolonge dans toute son étendue, et dont les bords sont réunis d'abord par le plan musculaire irrégulier *l*, puis par le système de muscles entrecroisés *m*. — *n*, portion moyenne de l'œsophage dont on a enlevé la moitié supérieure. — *o,o*, cloisons interannulaires commençant seulement après la chambre proboscidienne et n'atteignant pas d'abord les côtés du corps. —*p, p, p*, les deux troncs latéraux qui représentent la continuation du grand vaisseau abdominal. — *q,q*, grands cœurs inférieurs et terminaux, dont la contraction envoie le sang aortique dans l'appareil vasculaire proboscidien. — *r*, l'un des troncs qui vont former le cœur proboscidien *t* (pour le détail, voyez fig. 8). — *s,s*, tronc qui fournit les deux grands vaisseaux proboscidiens (fig. 1 et 2). — *t,t*, cœurs latéraux du corps.

Fig. 7. Premières couches musculaires de la trompe vue en dessous.

a, tête. — *b*, labre faisant saillie au delà de l'ouverture buccale. — *c*, muscle semi-annulaire antérieur (fig. 2, *d*). — *d*, muscle dont les chefs supérieurs sont représentés dans la figure 2, *g* (deuxième couche). — *ee*, attaches aponévrotiques et musculaires de la première couche (fig. 2 *f, f*). — *g*, muscle médian s'insérant de chaque côté dans un repli de la trompe. — *h*, portion inférieure de la grande masse musculaire postérieure (fig. 2 *h* et fig. 6 *h,h*). — *ii*, grands muscles rétracteurs. — *k*, œsophage. — *l*, cloison interannulaire.

Fig. 8. Cœur proboscidien avec ses dépendances (fig. 6).

a, vaisseau médian qui se porte dans le voisinage des dents. — *b*, tronc se portant en avant et en dehors. — *e, f*, branches qui se distribuent à la grande masse musculaire postérieure (fig. 2 *h*, fig. 6 *h,h*, fig. 7 *h*).— *c,c*, troncs venant du grand vaisseau abdominal (fig. 6).

Fig. 9. Cette figure est la reproduction rigoureuse des dernières préparations que j'ai faites, et que je suis prêt à montrer. Elle ne reproduit que l'ensemble des parties et les troncs principaux du système nerveux.

a, tête. — *b,b*, la trompe, dont les muscles ont été enlevés sans précaution, pour mettre à nu les troncs nerveux. — *c*, œsophage rejeté sur le côté. — *d*, le cerveau. — *e,e*, les deux racines du système nerveux proboscidien sortant de la face inférieure du cerveau. — *f*, grand ganglion allongé placé en avant de la trompe. — *g,g*, filets nerveux partant du ganglion précédent et contournant la trompe. — *h, h*, troncs nerveux partant du même ganglion et contournant l'œsophage de manière à former un anneau, se réunissant dans un second ganglion allongé *i* qui lui-même se bifurque pour former un second anneau *k*, lequel embrasse la base des dents supérieures. — *l*, filet nerveux partant des branches *h,h* et logé dans la gouttière ou repli latéral de l'œsophage.

RECHERCHES ANATOMIQUES

SUR

LES GLANDES NASALES DES OISEAUX,

Par M. JOBERT,

Docteur en médecine, licencié ès sciences naturelles.

§ 1. — L'anatomiste qui fait une étude ostéologique du crâne de certains Oiseaux palmipèdes ou Échassiers constate sur les parties latérales de la voûte crânienne, au-dessus des orbites, la présence de deux dépressions variables en étendue, en profondeur, chez les différents genres qu'il a sous les yeux. S'il examine l'animal à l'état frais, il verra ces fossettes remplies par deux organes d'aspect rougeâtre, que Cuvier, dans sa première édition, reconnaît pour être de nature glandulaire, et qu'il assimile à la glande lacrymale (1). Tiedemann, dans sa *Zoologie*, étudie cet organe (2). Nous aurons dans le cours de ce travail l'occasion de revenir sur les diverses opinions qu'il a émises à ce sujet. En 1813, Jacobson (3) lit à la Société philomathique un mémoire sur une glande conglomérée étudiée chez les Oiseaux, et il assimile cet organe à la glande décrite par Stenson dans l'organe olfactif des Mammifères. Dans ce mémoire, Jacobson donne quelques aperçus rapides sur la forme et les dimensions du canal excréteur, et le volume de cette glande qu'il affirme être constante chez tous les Oiseaux. En 1820, Nistch publie dans les *Archives de Meckel* (4), sur la glande, à laquelle il donne le nom de *nasale*, un long travail, se plaçant au point de vue purement descriptif. Enfin Müller (5), dans son traité *De struc-*

(1) Cuvier, *Anatomie comparée*, t. II, p. 440.

(2) Tiedemann, *Zool.*, t. III, p. 88.

(3) Jacobson, *Bull. Soc. philom.*, 1813, 6e année, p. 267.

(4) *Ueber die Nasendruse der Vögel* (*Deutsches Archiv* von Meckel, 1820, t. VI, p. 234).

(5) Müller, *De Glandul. structura*, p. 53.

tura glandularum, consacre à la glande nasale de l'*Anser domesticus* quelques lignes ; il compare sa structure à celle des glandes de l'appareil digestif.

Durant le cours de cet hiver, nous avons eu l'occasion, au laboratoire des recherches de l'École pratique des hautes études, de faire de fréquentes observations sur les glandes des Échassiers et des Palmipèdes. Grâce à l'abondance des matériaux, nous avons pu non-seulement vérifier les assertions émises par Nistch, mais constater des faits qui avaient échappé à l'observation de cet anatomiste, le seul, il faut le dire, qui ait réellement étudié la question. Ce sont ces résultats que nous publions aujourd'hui.

Avant d'entrer en matière, qu'il nous soit permis d'adresser nos remercîments à notre savant maître M. Milne Edwards, pour les bons enseignements qu'il n'a cessé de nous prodiguer durant nos recherches.

§ 2. — Nos recherches se sont bornées aux Oiseaux échassiers et palmipèdes, même à un nombre de genres assez restreint ; nous espérons pouvoir étendre nos investigations dans les autres ordres des Oiseaux. Chez ceux dont nous nous sommes occupé, la glande est généralement située sur la voûte crânienne, dans une fossette osseuse que nous signalions au début.

Ces fossettes sont creusées aux dépens du frontal ; elles ont pour limite, en avant, le lacrymal, en arrière, latéralement, le frontal. Chez quelques Palmipèdes, la *Fuligula fusca* par exemple, elles s'étendent très en arrière et vont en s'élargissant. Chez certains Échassiers, tels que les *Larus* et *Numenius,* la fosse est profonde ; on voit des trous perforant sa paroi inférieure et destinés à laisser passer vaisseaux et nerfs. Dans les *Vanellus*, la glande est appliquée sur les frontaux, et cependant il n'existe pour ainsi dire aucune dépression sur ces os. La glande peut enfin, et le cas est fréquent, venir s'appliquer sur le bord de l'os frontal, qui est alors légèrement déprimé tout à fait à la marge de l'orbite. En ce cas, les vaisseaux, les nerfs, viennent directe-

ment se rendre à la glande, en rampant sur la voûte de l'orbite qui n'est plus perforée pour leur donner passage.

L'étude de la fosse osseuse nous amène à parler de la forme et du volume de l'organe glandulaire. Dans les Échassiers et les Palmipèdes, la forme est généralement celle d'un croissant. Si la glande est appliquée sur les frontaux, la face supérieure s'élargit, et peut acquérir ses dimensions maxima. Chez les Double-Macreuses (*Fuligula fusca*) par exemple, les deux glandes se rejoignent sur la ligne médiane dans presque toute l'étendue de leur bord interne. Dans le genre *Numenius*, les bords internes des deux organes ne se touchent plus guère qu'en une courte longueur. Dans les *Sterna*, tout en conservant la même forme, les glandes, encore rapprochées, ne se touchent plus. Dans les *Anas* et l'*Anser domesticus*, une petite bandelette de couleur rouge, appliquée tout à fait à la marge orbitaire, indique seule la présence de la glande, dont la face supérieure est devenue minimum en largeur, tout en gardant en longueur les dimensions normales. La glande en ce cas est presque un prisme triangulaire à faces convexes; une de ces faces est appliquée contre l'os, l'autre dirigée en dehors, la troisième en haut; et c'est par le bord tranchant, qui est en rapport avec la voûte de l'orbite, que les nerfs et les vaisseaux pénètrent dans cet organe sécréteur.

Dans les *Vanellus*, la glande appliquée sur les frontaux est de forme rectangulaire; chez les *Cereops*, c'est une pyramide quadrangulaire à base plane sur les os du front, la pointe regardant en avant.

Dans les *Ardea*, la glande n'est plus dans l'orbite. Nous reviendrons avec quelques détails sur cette disposition.

§ 3. — Nous n'aurons pas à revenir dans le cours de ce travail sur la disposition générale des canaux excréteurs, la description que nous allons en donner pouvant s'étendre à tous les genres, et nous n'avons dans nos dissections reconnu qu'une seule exception qui nous a été fournie par l'Autruche.

Le canal excréteur avait échappé à Cuvier (1); Tiedemann (2)

(1) Cuvier, *Anat. comp.*, *loc. cit.*

(2) Tiedemann, *Zool.*, *loc. cit.*

suppose qu'il émerge de la partie postérieure de la glande, qui va en effet s'amincissant en suivant le bord postérieur de l'orbite, par exemple dans les *Anas Boschas* et *Anser domesticus*. Jacobson (1), dans son mémoire, signale sa présence et sa véritable direction. Nistch (2) reconnaît son point d'émergence de la glande ; une fois il aperçoit l'orifice extérieur, mais ne peut le retrouver, et dans d'autres recherches, il voit un canal double chez l'*Anser*. Croyant à une anomalie, il suppose que les deux canaux ou bien se sont réunis dans leur trajet, ou viennent déboucher dehors par un orifice commun. Il n'en est rien ; il y a toujours deux canaux excréteurs distincts, et nous allons en donner la description détaillée.

Les deux canaux excréteurs (3) émergent de la glande à la partie extérieure, au niveau du lacrymal ; ils sont enveloppés dans une gaîne commune, accolée dans son trajet à la branche nasale du nerf ophthalmique et aux vaisseaux qui l'accompagnent. La couleur de ces canaux est rougeâtre, leur consistance résistante. Le plus souvent, comme dans l'*Anser* et le *Cygnus*, ils sont facilement reconnaissables, étant gonflés après la mort d'un liquide blanchâtre et épais. Ils sont formés exclusivement de longues fibres lamineuses placées dans le sens de la longueur. Nous n'avons pu y constater la présence des muscles lisses ; l'épithélium qui les tapisse est cylindrique. Ces deux canaux sont placés dans leur gaîne non à côté l'un de l'autre, mais l'un au-dessus de l'autre ; ils sont d'un calibre à peu près égal.

Il est une particularité qui nous paraît importante à signaler : souvent ces canaux naissent au niveau de l'os lacrymal, et marchent séparés dans une gaîne ; mais il est un certain nombre d'Oiseaux, comme les *Numenius*, *Sterna*, *Vanellus*, chez lesquels un canal unique semble naître de la glande. L'examen attentif fait bientôt reconnaître que ce n'est pas le canal excréteur que l'on a sous les yeux, mais bien la glande elle-même qui

(1) Jacobson, *Bull. Soc. phil.*, *loc. cit.*
(2) Nistch, *Archiv Meckel*, *loc. cit.*
(3) Voyez pl. VIII, fig. 2 et 3.

va en se prolongeant, et c'est à l'extrémité de ce pseudo-conduit que l'on trouve réellement les canaux.

Si nous prenons dans l'*Anas Boschas* un exemple (1), voici quel est le trajet des canaux et leurs rapports avec les parties voisines : Chez cet oiseau, la glande est placée à la marge orbitaire, et va en s'amincissant jusqu'au niveau de l'articulation du lacrymal avec le frontal. Arrivés en ce point, les deux canaux se détachent de l'organe, plongent sous l'os lacrymal, et s'engagent dans une sorte de canal osseux limité : en dehors, par la face interne de l'os lacrymal ; en dedans et en bas, par le bord de l'ethmoïde ; en haut, par le bord externe du frontal qui fait légèrement voûte, et s'articule avec le lacrymal ; en bas, par la surface externe des fosses olfactives.

Les deux canaux cheminent dans cet espace, enveloppés, comme nous l'avons dit, de leur gaîne commune, accolés aux vaisseaux et au nerf ; celui-ci marchant un peu au-dessus et en dedans d'eux, leur direction générale est d'abord de haut en bas, et d'arrière en avant, un peu de dehors en dedans, et ils sont séparés de la face interne du lacrymal par une aponévrose épaisse insérée sur un ligament très-apparent, qui prend ses points d'attache, en bas, sur le bord supérieur de l'os jugal, à la réunion de son tiers postérieur avec les deux tiers antérieurs ; en haut, sur la partie inférieure de la lamelle cartilagineuse qui ferme l'orbite en avant, à la formation de laquelle, suivant Cuvier, concourent le lacrymal et une lame latérale de l'ethmoïde. Par sa face interne, la gaîne des canaux est appliquée directement sur la surface extérieure des fosses olfactives. Parvenus au niveau de l'articulation du frontal avec le nasal et derrière cet os, les deux canaux cessent de marcher parallèlement ; le supérieur continue sa route directement, passe sous le nasal, et va s'ouvrir à la partie supérieure et externe de la narine, au niveau du canal inférieur ; il est accompagné de la branche nerveuse et des vaisseaux. L'autre canal s'infléchit, descend derrière l'os nasal, décrivant une courbe,

(1) Voy. pl. VIII, fig. 2.

dont la concavité regarde en arrière, puis se courbe de nouveau, en suivant les inflexions d'une crête osseuse située sur la partie médiane de la face supérieure de l'os maxillaire, et va s'ouvrir à la face interne de la narine sur la cloison médiane.

Dans l'*Anser domesticus*, le trajet est surtout facile à observer. Le canal inférieur, comme on peut le voir à la planche annexée à notre travail (1), vient s'ouvrir sur la face interne de la narine, et la dernière partie de son trajet est rectiligne, dirigée d'arrière en avant. Dans les *Cygnus*, il en est également ainsi. Souvent dans l'*Anas Boschas*, au contraire, c'est dans les arrière-narines que s'ouvrait la partie ultime du canal inférieur. La direction des courbes multipliées de ce canal est un fait anormal dans l'histoire des glandes, les canaux excréteurs affectant en général la direction rectiligne autant que possible.

Cette description une fois faite, nous n'avons pas à la modifier pour les divers genres d'Oiseaux que nous aurons à examiner. Plus loin, nous constaterons la longueur des canaux en mesures métriques ; mais nous le répétons, le fait de l'existence des canaux étant constant, ceux-ci peuvent varier non en direction, mais en longueur, suivant que les narines sont plus ou moins éloignées de la base du bec.

§ 4. — La glande dont nous nous occupons est, nous le disions en commençant, d'une couleur rougeâtre. Quand on a enlevé l'épaisse aponévrose qui la recouvre, on aperçoit dans certains cas, chez la *Fuligula fusca* par exemple, une surface aréolée, composée de petits polygones irréguliers et irrégulièrement semés, limités par du tissu blanchâtre.

Dans d'autres cas, comme chez les *Numenius* et les *Sterna*, la surface supérieure est divisée par des sillons longitudinaux. Dans l'*Anser*, cette même disposition existe ; on peut voir que ces sillons circonscrivent de chaque côté des éminences s'étendant d'une extrémité de la glande à l'autre, et formés par de petits amas rougeâtres placés régulièrement à la file les uns des

(1) Voy. pl. 8, fig. 3.

autres, et séparés entre eux par des cloisons de tissu fibreux. La couleur de l'organe est quelquefois d'un beau rouge vif (*Sterna*), ou d'un rouge noirâtre (dans les *Numenius*); nous en verrons tout à l'heure la raison. Très-pâle dans les *Cereopsis*, *Vanellus*, elle est très-foncée, presque noire, dans l'*Anas elangula* et la *Fuligula fusca*. Sa consistance, toujours dure, est due à la présence du tissu fibreux.

Les petites aréoles rougeâtres, grains glandulaires, comme les nomme Jacobson, ne sont pas autre chose que des acini formés par la réunion de culs-de-sac tubuliformes bifurqués souvent et venant s'ouvrir dans un canal excréteur commun.

Ces culs-de-sac sont entourés d'un lacis de vaisseaux sanguins séparés par des cloisons conjonctives, et autour de l'acinus formé par leur réunion le tissu conjonctif qui constitue la charpente de la glande s'est condensé pour lui former une sorte de coque fibreuse. Tous les culs-de sac dont l'intérieur est rempli d'épithélium polyédrique débouchent, comme nous le disions, dans un canal excréteur commun. Le plus souvent bifurqués ils peuvent être trifurqués à leur extrémité et au moment de s'ouvrir dans le canal excréteur deux ou trois d'entre eux se réunissent souvent. Dans les *Cereopsis*, par exemple, nous avons toujours observé cette disposition que nous mettons du reste sous les yeux du lecteur (1). Le canal excréteur de l'acinus vient déboucher dans un canal plus considérable tapissé d'épithélium cylindrique, et celui-ci à son tour vient se rendre dans un conduit central qui règne dans toute la longueur de la glande, tapissé aussi d'épithélium cylindrique et que l'on peut considérer comme la partie initiale des conduits que nous avons étudiés tout à l'heure.

Les acini sont en grand nombre. Dans une coupe faite au travers de la glande de l'*Anas boschas* dans la partie médiane nous comptons dix-sept de ces amas de culs-de-sac.

La planche annexée à notre travail représente une coupe faite au travers de la glande de la *Fuligula fusca* et montre la disposition des acini, leurs canaux excréteurs, les conduits de deuxième

(1) Voy. pl. IX, fig. 4.

ordre et le conduit central où ceux-ci viennent déboucher(1). Les acini sont de volume variable ; nous les avons trouvés développés au maximum chez l'Autruche où ils avaient la forme de petites pyramides quadrangulaires dont la base mesurait jusqu'à 2 millimètres de côté.

Quant aux culs-de-sac glandulaires, ils sont variables aussi ; nous les avons vus au maximum de développement chez les Spatules et le Céréopses. Dans deux de ces oiseaux ils étaient remplis de granulations calcaires analogues en aspect et en structure à celles que l'on observe normalement dans la glande pinéale des Mammifères.

Nous avons cherché à constater la présence des fibres lisses entre les acini. Nous n'en avons jamais trouvé trace ; mais souvent dans le tissu conjonctif interposé entre les amas de culs-de-sac, nous avons pu voir des cellules pigmentaires.

C'est même à cet élément développé en grande abondance qu'est due la couleur noirâtre que possèdent les glandes de certains oiseaux. (*Numenius*, *Larus*, *Fuligula fusca*, par exemple.)

Il arrive souvent, et je signalais le fait en commençant, que dans les *Sterna*, *Numenius*, *Vanellus*, on trouve dans ce que l'on croit être un conduit excréteur unique, des acini qui viennent s'ouvrir dans ce pseudo-canal et fort loin de la masse glandulaire.

Chez l'*Anser domesticus*, à la partie initiale de la glande en rapport avec l'os lacrymal, nous avons constaté cette disposition que nous reproduisons dans un dessin. Nous nous trouvons donc en présence d'une glande qui a des caractères intermédiaires entre la véritable glande en grappe composée et la glande en grappe simple, ou plutôt d'une glande qui est formée par la réunion de glandes offrant ces deux types.

Müller, dans son traité des glandes, déclare qu'il n'a pu, à l'aide du mercure, obtenir l'injection complète des acini. Il était difficile qu'il en fût autrement. Müller croyait à la présence d'un seul canal excréteur. Nous avons vu qu'il y en a deux, mais il est un fait capital dans l'histoire de cet organe, c'est qu'en réalité

(1) Voy. pl. IX, fig. 3.
(2) Voy. pl. IX, fig. 4.

il n'existe pas une seule glande mais bien deux, complétement distinctes et indépendantes. Injectez un liquide colorant par le canal supérieur la partie supérieure et postérieure et la glande sera colorée ; vous achèverez si vous le voulez l'injection en faisant pénétrer le liquide par le canal inférieur.

Qu'une coupe mince soit faite au travers d'une glande durcie, et l'on pourra constater facilement l'épaisseur de la paroi conjonctive qui sépare les groupes d'acini si l'on a eu soin de pousser par les canaux deux injections de deux couleurs différentes.

Ce fait de l'existence de deux glandes indépendantes nous a été démontré clairement chez plusieurs Spatules où, grâce à une altération des éléments constitutifs, les glandes indurées étaient disséquées et se montraient chacune avec leur canal excréteur respectif.

Nous ne pouvons, du reste, passer sous silence cette altération de la glande de Jacobson dans les spatules, nous y reviendrons tout à l'heure.

§ 5. — Les artères de ces glandes, dit Jacobson, viennent de la sphéno-palatine ; les veines vont se jeter dans la jugulaire interne. Nistch et Müller répètent sans commentaires cette assertion de l'anatomiste danois, en ne cherchant ni à la vérifier ni à la combattre. — Les dispositions que nous avons observées, après de nombreuses injections, étant toujours les mêmes et dans les Palmipèdes et dans les Échassiers, nous relaterons succinctement ce que nous avons vu dans le *Larus argentatus*, où les artères nourricières de la glande appartiennent à un réseau formé par des branches venant des artères ophthalmique interne et de l'ethmoïdale (1).

Après avoir fourni le plexus temporal situé immédiatement sous l'os carré, la branche ophthalmique se bifurque ; un rameau auquel on peut conserver le nom d'ophthalmique interne plonge dans l'orbite, fournit des branches au niveau du point d'émergence du nerf optique, remonte ensuite le long de la voûte or-

(1) Voy. pl. IX, fig. 1 et 2.

bitaire en rampant sur sa paroi et arrive au niveau de la petite apophyse du lacrymal qui limite l'orbite en avant.

Là, elle s'anastomose à plein canal avec une artère dont nous allons donner la description, et le vaisseau formé par cette réunion va se perdre dans la narine, accompagnant le nerf nasal de la première branche du trijumeau ; au niveau du point d'anastomose ou un peu en arrière naît une artériole qui perce la voûte crânienne et va se perdre dans la glande. Revenons à l'artère ophthalmique interne. La deuxième branche provenant de sa bifurcation monte directement en longeant le bord postérieur de l'orbite et pénètre dans la cavité orbitaire.

Au niveau de l'extrémité postérieure de la glande, elle lui fournit une branche perforante, puis continue sa route, longeant toujours l'orbite, et un peu plus loin, à la moitié environ de l'organe, elle fournit une nouvelle branche ; quelques millimètres plus loin elle s'anastomose par inosculation avec une branche de l'ethmoïdale, contourne toujours le bord de l'orbite et vient se réunir, comme nous l'avons dit plus haut, avec la branche fournie par l'ophthalmique interne pour former la branche nasale.

§ 6. — A cause de la disposition des veines essentiellement variable et surtout de l'absence de nomenclature adoptée, nous nous contenterons de décrire ce que nous avous vu chez les Larus et plusieurs Anas sans dénommer les vaisseaux.

La branche artérielle nasale est accompagnée de deux vaisseaux veineux qui, arrivés au bord du lacrymal et sur le plancher de l'orbite se réunissent à une première veine venue de la glande et accolée à l'artère que nous avons figurée.

De ce petit sinus partent deux veines. L'une qui descend dans l'orbite longeant la branche ophthalmique et se jetant dans un espace veineux situé au point d'émergence du nerf où aboutissent des veines venues du globe de l'œil ; de là part un gros vaisseau veineux qui se dirige en arrière vers le golfe des jugulaires et s'y jette mais après s'être anastomosé avec la veine qui

longe le bord de l'orbite suivant le trajet circulaire de l'artère et qui a reçu deux veines venues de la glande.

§ 7. — Du point où la branche ophthalmique du nerf trijumeau se divise et donne naissance à la branche nasale partent deux ou trois rameaux grêles qui suivent un trajet récurrent et vont pénétrer dans la glande quand celle-ci est très-volumineuse comme dans les *Fuligula fusca* et les *Larus*, des filets naissent en arrière de la branche ophthalmique, et s'accolent aux vaisseaux pour pénétrer dans la glande à travers les trous du frontal.

Quant aux filets du sympathique signalés par Jacobson, ils naissent du point de réunion d'un rameau du sympathique avec la première branche du trijumeau.

MM. Siebold et Stannius ont, dans leur ouvrage, résumé en quelques lignes les travaux de Weber et de Schlemm ; nous citons textuellement le passage tiré de leur Manuel d'anatomie :

« Rappelons succinctement la disposition actuellement connue » du grand sympathique dans le crâne.

» Deux rameaux ascendants partent du ganglion cervical que » nous prendrons pour point de départ.

» L'un va se réunir à la branche du trijumeau, l'autre « s'en- » gage dans le canal carotidien, s'anastomose avec des filets du » glosso-pharyngien et du facial et quitte ce canal pour se ren- » dre comme nerf vidien le long de la paroi interne de l'orbite. Il » donne des rameaux palatins, nasaux postérieurs, des filets à la » glande de Harder et se confond avec la première branche du » trijumeau dans le point où celle-ci sort de l'orbite. »

C'est de ce point que naissent deux ou quatre filets très-grêles qui vont à la glande nasale. Il existe sur ce point un enchevêtrement de vaisseaux et de nerfs qui rend la dissection pénible. Suivant MM. Siebold et Stannius, on n'observerait pas au point de réunion indiqué ci-dessus de renflement gangliforme, mais nous en avons constaté plusieurs fois, surtout dans les Anas. Les nerfs une fois entrés dans la glande rampent entre les acini. Dans les Céréopses, on peut même les voir facilement entre les culs-

de-sac glandulaires. Comment se terminent-ils, nous n'avons pas cherché à élucider cette question.

§ 8. — Ces généralités étant exposées, nous allons passer en revue les divers genres et espèces d'oiseaux qu'il nous a été donné d'examiner et les particularités qui peuvent exister au sujet de l'organe objet de cette étude.

Nistch qui n'a pu disséquer de tête d'Autruche, a, d'après l'observation du squelette, conclu à l'existence chez cet oiseau d'une glande nasale située sur la marge orbitaire.

Voici ce que nous avons constaté chez un individu âgé de trois ans.

Le bord orbitaire supérieur était complété par une large et trés-épaisse aponévrose s'insérant à la partie la plus reculée de l'apophyse lacrymale, sur tout le bord externe du frontal jusqu'à l'apophyse post-orbitaire fournie dans ce cas par l'os du front.

Nous avons dit que bord orbitaire était complété, car, chez une jeune Autruche, comme le montre Owen dans son ouvrage d'anatomie comparée, il est interrompu par une échancrure profonde, limitée par le frontal latéralement en arrière, et par le lacrymal en avant et en dehors.

L'aponévrose, dont nous avons indiqué la disposition, transforme en une fosse elliptique cette échancrure, en complétant sa paroi latérale externe. C'est dans cette fosse elliptique qu'est logée la glande de Jacobson. Elle a la forme d'un tronc de cône elliptique. La face supérieure qui se trouve au niveau des os du crâne est recouverte par une aponévrose épaisse; elle mesure pour le grand axe 13 millimètres, le petit axe 9 millimètres; la base inférieure est plus large et mesure : grand axe 19 millimètres, petit axe 12 millimètres. Un seul conduit part de l'extrémité antérieure de la glande, passe sous le lacrymal et s'applique sur la surface externe des fosses nasales, qu'il contourne pour venir s'ouvrir dans la narine à la paroi externe. Ce conduit en longeur mesure $7^{cent.},9$, son diamètre est considérable, ses parois sont très-résistantes. L'assertion de Nistch n'est donc pas

vérifiée, la glande est située non à la marge orbitaire, mais bien dans l'orbite, et quand plus tard un travail d'ossification viendra remplacer par des os l'aponévrose que nous avons signalée, la glande se trouvera incluse dans la cavité même de l'orbite.

Chez deux Echassiers pressirostres du genre *Vanellus* et de l'espèce *cristatus*, comme nous l'avons signalé plus haut, la glande était petite, rectangulaire et non falciforme, comme l'indique Nistch ; un sillon longitudinal la divisait en deux, était-ce à la ligne de démarcation des deux glandes? Les conduits excréteurs franchissaient le frontal presque verticalement, puis passaient sous le lacrymal et de là se dirigeaient vers les fosses nasales. Nous avons pu étudier quelques Cultrirostres ; plusieurs individus du genre *Ardea* et de l'espèce *Cinerea* et quatre Spatules. Chez les *Ardea*, la glande a quitté la marge de l'orbite et sa cavité même pour se porter en avant. Elle est petite, de couleur noirâtre, très-infiltrée de pigment ; sa consistance est très-dure ; elle a la forme d'un cône dont la pointe serait dirigée en avant, et d'où émergeraient les deux canaux excréteurs. Elle est située dans un espace limité en avant par l'os nasal, par le jugal en bas et en arrière par le lacrymal. Les conduits excréteurs sont très-courts, fort grêles et séparés des fosses nasales seulement par l'épaisseur de l'os du nez.

Chez quatre individus du genre Spatule (*Platalea*) et de l'espèce *leucorodia*, les glandes assez volumineuses, falciformes, étaient situées à la marge de l'orbite dans une dépression du frontal. Dans un individu la glande avait 18 millimètres de long, 6 millimètres de large maximum.

C'est à une altération pathologique fréquente chez ces oiseaux que nous devons d'avoir pu trouver les deux glandes nasales isolées. Chez un premier individu, la glande du côté droi formait au-dessus de l'œil une tumeur très-dure et proéminente au bord orbitaire; l'incision du tégument crânien mit à nu deux organes falciformes à peine adhérents entre eux par quelques brides fibreuses ; c'étaient les deux glandes, et de chacune d'elles émergeait un conduit excréteur. L'examen microscopique nous montra les culs-de-sac très-distendus par

les cellules épithéliales contenues dans leur cavité; ils étaient gonflés outre mesure. Du côté gauche, une tumeur molle surplombait l'orbite et sous les téguments incisés nous trouvâmes une matière blanche, savonneuse au toucher. Les conduits excréteurs, ainsi que la cavité de la narine, étaient remplis de cette substance; le tout baignait dans un liquide très-épais. L'examen microscopique de cette tumeur nous la montra composée d'épithélium à tous les degrés d'altération, et au milieu des cellules étaient semées des brides fibreuses provenant des débris des culs-de-sac qui s'étaient rompus et dissociés. L'altération s'était étendue plus loin, les ganglions et les vaisseaux lymphatiques étaient indurés jusqu'à la base du cou et même dans le thorax. Le volume des glandes avait considérablement augmenté; leur tissu était induré, très-friable, granuleux. Nous n'en avons pas fait l'étude microscopique.

Nous avons constaté des altérations semblables à des degrés plus ou moins prononcés chez les quatre Spatules qu'il nous a été donné de disséquer.

La glande nasale est du reste sujette à une altération qui est peut-être la même dans tous les oiseaux. Jacobson la signale dans son mémoire. Il ne dit rien sur sa nature, promettant d'y revenir plus tard. Bien que ce ne soit pas ici le lieu de se livrer à des considérations de pathologie comparée, nous avons cru utile de signaler cette affection fréquente chez les oiseaux du genre *Spatula*, altération qui entraîne la mort et dont la marche nous semble identique avec celle de certaines tumeurs glandulaires malheureusement si souvent observées dans le genre humain.

Nous n'avons eu à examiner que trois Longirostres du genre Courlis (*Numenius*) et de l'espèce *arcuatus*. Chez ces oiseaux les glandes, considérables en largeur, se touchaient par-dessus la voûte crânienne dans une petite étendue leur bord interne. Une particularité des plus intéressantes à signaler, c'est que la glande était non-seulement appliquée sur les frontaux, mais qu'en outre elle envoyait sur le bord orbitaire inférieur un long prolongement décrivant ainsi dans son ensemble les deux tiers d'une circonfé-

rence. La partie inférieure était large de 4 millimètres seulement. Au niveau du lacrymal, la glande se prolongeait sous cet os dans une étendue d'un demi-centimètre, et c'est seulement de ce point que partaient les deux canaux excréteurs très-grêles et très-courts. La glande était très-infiltrée de pigment, et entre les acini il était facile d'observer même à un faible grossissement de grosses cellules pigmentaires étroites, anastomosées entre elles.

Parmi les Palmipèdes, nous avons pu observer un grand nombre d'individus, et c'est chez eux, du reste, que les recherches sont le plus faciles.

Chez les Longipennes, les glandes situées sur le front dans deux fosses osseuses, très-bien délimitées, sont toujours d'un volume considérable. Elles se rejoignent sur la ligne médiane dans presque tout leur bord externe chez les Gœlands, où elles sont d'une belle couleur rouge. Chez les Pétrels (*Procellaria*), les bords internes ne se peuvent réunir à cause d'une lamelle verticale du frontal qui sépare les deux fosses osseuses. Chez cet oiseau, la glande est presque noire et infiltrée de pigment ; les conduits excréteurs sont eux-mêmes facilement reconnaissables à leur couleur noirâtre. Dans les *Sterna hirundo*, les glandes ne se touchent plus sur la ligne médiane et leur couleur est d'un beau rose vif. Dans les parois des canaux, nous avons observé des cellules pigmentaires. Une glande de *Sterna* mesurait 16 millimètres de long et était large de 5 millimètres. Dans le Pétrel et les Hirondelles de mer, la surface convexe de la glande était dans le sens longitudinal partagée en cinq ou six lobes par des sillons très-accusés.

C'est chez les Lamellirostres que nous avons trouvé la glande à son maximum de développemen, et c'est chez eux qu'il est le plus facile de constater la présence des canaux excréteurs et d'étudier leur trajet. Sur plus de cent observations qui ont porté, soit sur des *Anas*, soit sur des *Anser domesticus*, jamais nous n'avons constaté une seule fois qu'il y eût anomalie.

Dans nos généralités, nous avons décrit le trajet des canaux chez l'*Anas boschas* pris pour type. Chez les *Cygnes*, les glandes

sont, sur le front, allongées en croissant comme on peut le constater sur la planche représentant la face postérieure de la glande du *Cygnus domesticus* un peu amplifiée. La glande chez deux individus avait une largeur moyenne de un centimètre et une longueur de 23 millimètres. Le conduit supérieur mesurait 32 millimètres; l'inférieur, un centimètre de plus.

Chez l'*Anser domesticus* la glande est peu large, située à la marge de l'orbite, longue de 4 centimètres et large de 6 millimètres. Mais les conduits sont longs et de diamètres considérables. Chez les *Cereopsis Novæ Hollandiæ*, la glande est située au contraire sur les frontaux ayant une forme de pyramide, le sommet dirigé en avant; sa couleur est pâle. C'est chez cet oiseau que nous avons trouvé les tubes glandulaires les plus développés.

Dans le groupe des Canards proprement dits, c'est chez les Macreuses que nous avons observé la glande à son plus grand développement. Chez une double Macreuse les deux masses glandulaires se touchaient dans toute l'étendue de leur bord interne et couvraient presque le crâne tout entier; leur longueur était de 46 millimètres; en arrière, la glande qui allait s'élargissant, mesurait 14 millimètres. Sa couleur était rouge foncé.

Chez un Garrot (*Anas clangula*) les glandes, encore considérables, avaient des dimensions beaucoup moindres, mais occupaient encore presque toute la voûte du crâne.

Chez les Millouins (*Anas ferina*) et les Millouinnans (*Anas marila*), la glande est peu considérable et placée à la marge de l'orbite.

Chez l'*Anas boschas*, qui doit être considéré comme la souche du Canard commun de nos basses-cours, la glande nasale est peu développée en largeur et a la forme de celle de l'Anser; sa couleur est généralement rouge noirâtre.

Nous avons examiné plus de soixante individus de cette espèce, et voici la moyenne des dimensions que nous avons constatées: Longueur, 23 millimètres; largeur, 4 millimètres; canal excréteur supérieur, 29 millimètres; canal inférieur qui contourne les fosses nasales, 36 millimètres. Quoique la glande soit d'une cou-

leur assez foncée, nous n'avons jamais trouvé de pigment entre les acini.

Chez le Canard de la Caroline (*Anas sponsa*) la glande est petite, noirâtre, placée à la marge de l'orbite et ne s'étendant pas sur le front.

Tel est le résumé des observations qui nous ont paru dignes d'être relatées au sujet de chaque genre d'oiseaux en particulier. Nous allons maintenant chercher à voir quelles sont les relations qui peuvent exister entre l'organe glandulaire décrit par Jacobson et les appareils organiques au voisinage desquels il est placé.

§ 9. — A quel grand appareil doit-on rattacher la glande nasale? Nous avons dû, après nous être posé cette question, rechercher des termes de comparaison dans les organes sécrétants environnants.

Chez les oiseaux que nous avons pu nous procurer à l'état le plus frais possible, tels que *Anas* et *Anser domesticus* nous avons recherché les glandes de la membrane pituitaire. Ce sont des follicules isolés placés à côté les uns des autres en grand nombre et plongeant profondément dans la substance conjonctive de la membrane. Leur forme est celle d'une ampoule à ouverture très-étroite; l'épithélium est polyédrique. Leydig (1), qui a décrit la pituitaire du Pigeon comme sujet d'étude, compare ces glandes à celles de Lieberkühn. Chez les Anser et Anas, la comparaison ne me paraîtrait pas très-exacte; en effet, les follicules pituitaires ont une forme ampullaire beaucoup plus accusée que ceux de l'intestin.

Nous conseillons à ceux de nos lecteurs qui voudraient se rendre un compte exact et du nombre et de la forme de ces glandes, de faire une coupe d'un des cornets cartilagineux du nez recouvert de sa muqueuse. Ils constateront facilement au-dessus des cartilages dont les chondroplastes sont très-apparents, un substratum conjonctif fort épais, percé d'ouvertures qui sont des lumières de vaisseaux et un peu au-dessus, puis plon-

(1) Leydig, *Histol. comp.*, p. 246.

geant dans le substratum, les glandes en question. Il pourra en voir de bilobées, mais l'ouverture est toujours unique, les deux ampoules se réunissant. Le cas est cependant très-peu fréquent.

C'est en vain que nous avons cherché à voir les glandes signalées par Hoyer, lesquelles seraient semblables à celles qui sécrètent la sueur; nous n'avons pu en trouver trace.

Quant aux organes de Jacobson (1) signalés par Stenson chez les mammifères et auxquels l'anatomiste danois assimile les glandes nasales, nous renvoyons le lecteur à l'ouvrage de Leydig (2) qui contient une description de ces organes d'après Balogt qui les a spécialement étudiés.

Nous ne pensons pas que l'on puisse établir une analogie quelconque entre des glandes aussi parfaites que celle des oiseaux et ces organes en tout semblables aux conduits nasaux.

Müller (3) ne signale aucune différence entre la structure des glandes de la salive et celle des glandes du nez. Nous avons cherché à vérifier cette assertion et nous l'avons trouvée d'une parfaite exactitude. Que l'on examine les masses glandulaires de la bouche, soit celles qui sont situées au-dessous de la langue dans l'angle des maxillaires inférieurs, soit les parotides, soit celles qui sont situées à la voûte palatine et signalées par Tiedemann et Perrault dans les Rapaces, lesquelles sont toujours développées dans les Palmipèdes et viennent s'ouvrir tout à fait à la partie antérieure du bec par deux longs conduits accolés à la branche médiane du nerf maxillaire supérieur, on trouvera l'aspect aréolé, la couleur rougeâtre, la consistance dure que nous signalions dans les glandes du nez. Mais si l'examen macroscopique mène à ces résultats, l'étude microscopique ne fait que les confirmer. Ce sont les mêmes culs-de-sac bifurqués, réunis en acini, le même épithélium contenu dans leur cavité ; le même épithélium cylindrique tapissant leurs conduits excréteurs. Enfin c'est la même prédominance de la charpente conjonctive. L'assertion de Müller est bien fondée.

(1) Jacobson, *loc. cit.*

(2) Leydig, *Hist.*, p. 247.

(3) Müller, *loc. cit.*

Existe-t-il entre les glandes de l'appareil lacrymal et celles que nous étudions une même analogie de structure? Il suffit de jeter un coup d'œil sur la glande de Harder pour voir qu'il n'en est pas ainsi.

Le tissu de celle-ci est mou, blanchâtre, très-friable. Si elle est disposée en acini formés de culs-de-sac comme dans l'organe nasal, il est facile de constater combien ceux-ci sont plus allongés, plus transparents dans la glande de Harder. L'épithélium qu'ils contiennent est cylindrique; il a été signalé par Leydig chez l'*Anser domesticus* (1).

Étant donnée cette étude comparative, pouvons-nous résoudre la question que nous nous posions en commençant? nous ne le pensons pas, car l'anatomie, malgré l'analogie qu'elle nous fournit, ne doit pas nous mener à préjuger des fonctions d'une glande dont nous ne connaissons que la structure.

Quelles peuvent être ses fonctions?

Cuvier (2) en fait une glande lacrymale; Tiedemann (3), la voyant développée surtout dans les oiseaux d'eau et de rivage qui vont fouiller la vase pour chercher la proie, suppose qu'elle est destinée à sécréter un liquide huileux qui protégerait la pituitaire du contact nuisible du liquide. Écartons tout de suite cette opinion.

Après avoir examiné la sécrétion de la glande, non pas cette matière plus ou moins épaisse que l'on trouve à l'entrée des canaux, après la mort, matière qui est composée surtout d'épithélium altéré; mais le liquide transparent, légèrement citrin, obtenu au moyen d'une fistule pratiquée chez un Anser par l'ablation d'une partie de l'os nasal qui nous avait permis de dénuder les canaux, nous pouvons considérer l'opinion de Tiedemann comme erronée. L'examen microscopique ne fait reconnaître dans cette sécrétion aucune gouttelette huileuse.

Nistch (4) assimile cette glande à une portion de la glande

(1) Leydig, *Hist. comp.*, p. 280.
(2) Cuvier, *Anat. comp.*, t. II, p. 440.
(3) Tiedemann, *Zool.*, *loc. cit.*
(4) Nistch, *loc. cit.*

lacrymale en se basant sur des considérations philosophiques que nous ne pouvons passer sous silence. Le canal nasal peut être considéré, dit-il, comme la continuation des conduits lacrymaux interrompus dans leur trajet, ce qui permet au liquide sécrété de lubrifier l'œil et les fosses nasales ensuite. Chez les oiseaux, la nature aurait fait de la masse glandulaire lacrymale trois glandes distinctes dont l'une, ne conservant plus avec l'œil que des rapports de position, serait spécialement destinée à lubrifier les fosses nasales. Ce serait un exemple concluant de la division du travail physiologique, principe si reconnu aujourd'hui. Nous ne combattrons pas à présent l'opinion de l'anatomiste allemand. Avec les éléments dont nous disposons, la question nous paraît insoluble aujourd'hui; mais de ce modeste travail il est ressorti deux faits nouveaux. Nous avons fait connaître l'existence des deux canaux excréteurs, et nous avons donné la description du trajet dn canal inférieur. Enfin, chez la Spatule, nous avons pu constater la présence de deux glandes isolées; il nous reste à continuer notre travail par des études embryogéniques, et à obtenir sur les fonctions de la glande des données positives tirées de l'examen des liquides sécrétés, recueillis sur le vivant à l'aide de fistules pratiquées sur les canaux. Ces questions sont à l'étude, et nous espérons pouvoir en faire connaître prochainement la solution.

EXPLICATION DES FIGURES.

PLANCHE 8.

Fig. 1. *Numenius arcuatus.* Les téguments du crâne ont été incisés et réclinés sur les côtés. Au-dessous, on voit en *a* les glandes nasales, situées dans les fosses osseuses placées au-dessus des yeux.

Fig. 2. *Anas boschas.* Glande nasale et trajet de ses canaux excréteurs. Les os lacrymaux et nasaux ont été divisés pour mettre à nu les canaux. — *a*, glande nasale; *b*, canaux excréteurs contenus dans leur gaîne commune; *c*, conduit supérieur; *d*, conduit inférieur; *e*, branche nasale du nerf ophthalmique du trijumeau; *f*, nerf maxillaire supérieur.

Fig. 3. *Anser domesticus.* Les os lacrymaux et nasaux ont été divisés comme dans la préparation précédente et la paroi externe des fosses nasale incisée et réclinée, afi

de montrer les orifices des canaux. — *a*, canaux contenus dans leur gaîne; *b*, canal supérieur; *c*, son orifice extérieur au niveau du cornet inférieur; *d*, canal inférieur et son trajet flexueux; *e*, son orifice à la face interne de la fosse nasale; *m*, os maxillaire supérieur.

PLANCHE 9.

Fig. 1. *Larus argentatus*. Réseau vasculaire sanguin qui fournit les branches nourricières de la glande. — *o*, artère ophthalmique interne; *p*, plexus temporal situé sous l'os carré; *b*, branche postérieure de la bifurcation de l'ophthalmique interne qui monte vers la glande G et lui fournit les artérioles *c* et *d*; *a*, branche antérieure de la bifurcation de l'ophthalmique qui plonge dans l'orbite; *f*, branche de l'artère ethmoïdale qui, s'anastomosant par inosculation avec la branche *b*, complète le réseau sanguin; *e*, artère antérieure de la glande; *h*, artère nasale.

Fig. 2. *Cygnus domesticus*. Glande nasale, vue par sa face postérieure. — *a*, artère et réseau artériel superficiel; *c*, *d*, canaux excréteurs.

Fig. 3. Coupe faite au travers de la glande de la *Fuligula fusca*, grossie 50 fois. — *aaa*, les acini; *b*, canal excréteur d'un acinus; *c*, canal secondaire où viennent d'ouvrir les conduits des acini; *e*, canal central qui règne dans toute l'étendue de la glande.

Fig. 4. *Cereopsis Novæ-Hollandiæ*. Un cul-de-sac glandulaire isolé, grossi 200 fois.

ERRATA.

Page 352, ligne 14, extérieure, *lisez :* antérieure.
— 355, ligne 13, *lisez :* ces culs-de-sac sont séparés par des cloisons.
— 363, ligne 7, cellules étroites, *lisez :* cellules étoilées.
— 365, ligne 23, *supprimez :* comme sujet d'étude.

NOTE

SUR

LA RESPIRATION CHEZ LES NYMPHES DES LIBELLULES,

Par M. E. OUSTALET.

Les Libellules qui, à l'état adulte, ont une existence essentiellement aérienne, vivent, comme on le sait, à l'état de larves et de nymphes, dans les eaux de nos mares et de nos ruisseaux. Elles possèdent alors un appareil de respiration aquatique, aussi curieux qu'élégant, qui a été signalé, il y a fort longtemps, par Swammerdam (1), et qui a depuis attiré l'attention de Réaumur (2), de de Geer (3), de Lyonnet (4), de G. Cuvier (5), de Duvernoy (6), de Marcel de Serres (7), de de Suckow (8), de Ratzeburg (9), etc. Plus récemment encore Léon Dufour a publié sur ce sujet, dans les *Annales des sciences naturelles* (10), un mémoire dans lequel il cherche à compléter les travaux de ses devanciers, et M. Milne Edwards, dans son grand ouvrage sur l'anatomie et la physiologie des animaux, a exposé l'état actuel de nos connaissances relatives à cette partie de l'histoire des insectes (11).

(1) Swammerdam, *Biblia naturæ*, 1680. Traduction française insérée dans le tome V, de la *Collection anatomique*, 1758, p. 138 et suiv.

(2) Réaumur, *Mémoires pour servir à l'histoire des Insectes*, 1742, éd. orig., t. VI, p. 389 et suiv.

(3) De Geer, *Mémoires pour l'histoire des Insectes*, 1771, t. II, p. 661 et suiv.

(4) Lyonnet, Ouvrage posthume publié par M. de Haan, 1832.

(5) G. Cuvier, *Mémoire sur la manière dont se fait la nutrition dans les Insectes*, 1798.

(6) Duvernoy, *Anat. comp.* de Cuvier, 2e édit., t. VII, p. 498.

(7) Marcel de Serres, *Observations sur les usages du vaisseau dorsal, etc.*, 1813.

(8) De Suckow, *Sur l'anatomie et la respiration des larves des Libellules, etc.*, 1840.

(9) Ratzeburg, *Insectes nuisibles aux forêts, etc.*, 1844.

(10) L. Dufour, *Sur l'anatomie des larves de Libellules* (*Ann. des sc. nat.*, 3e sér., t. XVII, p. 64 et suiv).

(11) Milne Edwards, *Leçons d'anatomie et de physiologie comp.*, t. II, p. 189.

Venant après tous ces maîtres de la science, je ne pouvais avoir la prétention de faire des découvertes très-importantes ; toutefois, en disséquant avec soin un grand nombre de nymphes de Libellules, et en m'aidant de moyens d'investigation plus parfaits que ceux dont pouvaient disposer Léon Dufour et ses prédécesseurs, j'ai aperçu certains détails, relevé certaines erreurs qu'il est peut-être bon de signaler.

J'aurais voulu, par la même raison, déterminer spécifiquement d'une manière exacte toutes les nymphes que j'ai eues sous les yeux ; mais je n'ai trouvé aucun renseignement à cet égard dans les auteurs qui se sont occupés des Libellules, et en particulier dans Burmeister (1), dans Charpentier (2), dans Van der Linden (3), dans Rambur (4) et dans de Selys-Longchamps (5). Réaumur s'est contenté de répartir les larves, d'après les caractères tirés de leurs masques, en trois catégories répondant aux trois groupes des *Æschnides*, des *Libellulides* et des *Agrionides*. L. Dufour lui-même, dans son mémoire, rapporte telle nymphe à telle espèce, suivant que celle-ci est plus ou moins commune dans le voisinage de l'étang où vit la première, ou s'en rapproche par sa taille et sa conformation extérieure. C'est ainsi, et par simple induction, qu'il attribue à l'*Æschna grandis* (Latr.) la nymphe assez répandue au printemps dans les eaux stagnantes, aux environs de Paris, et qu'il caractérise de la manière suivante :

« Nympha hinc inde asperulo punctata, oculorum angulo » postico breviter acutissimo, abdomine utrinque trispinoso. » Long. 1 1/2 poll. Hab. in stagnis.

» Lobes occipitaux, ainsi qu'une fine ligne transversale, en » arrière des segments abdominaux, les deux derniers exceptés, » avec de petites aspérités ponctiformes. Dessous du corps tou- » jours d'un blanc sale uniforme ; le dessus ou jaune argileux,

(1) Burmeister, *Handbuch der Entomologie*, t. II.

(2) Toussaint de Charpentier, *Horæ entomologicæ*.

(3) Van der Linden, *Monographiæ Libellulinarum europæarum specimen. Agriones Bononienses, Æschnæ Bononienses.*

(4) Rambur, *Suites à Buffon, Histoire naturelle des Insectes*, Névroptères, 1842.

(5) Selys-Longchamps, *Monographie des Libellulides d'Europe.*

» ou brun, ou noirâtre, avec ou sans bandes longitudinales, lar-
» ges, obscures, ou à mouchetures pâles. »

Mais l'*Æschna grandis* se rencontre spécialement, sinon exclusivement, dans le nord de la France : ce serait une raison pour ne pas lui attribuer une nymphe commune aux environs de Paris. Comme elle ressemble extrêmement à celle figurée par M. Blanchard dans ses Métamorphoses des Insectes (1), sous le nom d'*Æschna maculatissima* (Latr.), je préfère la rapporter à cette dernière espèce.

Une autre nymphe, appartenant à la deuxième catégorie de Réaumur, c'est-à-dire au groupe des Libellulides, paraît être celle que L. Dufour représente sous le nom de *Libellula depressa* (Linn.) et décrit ainsi :

« Nympha sordide griseo virescens hirsuta, abdominis lateribus
» inermibus, segmentis primis in medio disci tuberculo minuto
» pilifero munitis. Long. 9-10 lin. Hab. in fossis.

» Pattes à mouchetures claires. Les premiers tubercules dor-
» saux de l'abdomen cachés par les étuis des ailes. »

L'époque d'apparition et l'habitat de l'adulte ne contredisent pas cette hypothèse.

Mais nous ne nous dissimulons pas les défauts de cette méthode d'induction. Évidemment il n'y a qu'un moyen d'arriver à une détermination exacte des nymphes, c'est d'assister à leur métamorphose. C'est ainsi que j'ai reconnu que la *Libellula vulgata* (Charp.) sort d'une nymphe de 2 centimètres de longueur, d'un gris verdâtre obscur, un peu velue, avec une épine de chaque côté des derniers anneaux de l'abdomen, et un tubercule dorsal sur l'avant-dernier segment et les deux précédents. Cette nymphe ressemble à celle décrite par Léon Dufour sous le nom de *Libellula ferruginea* (Van der Lind.) sauf par les tubercules dorsaux.

On voit quelles incertitudes règnent encore dans ce sujet sur lequel j'espère avoir l'occasion de revenir.

Le système trachéen de l'*Æschna maculatissima* (pl. 10,

(1) Blanchard, *Métamorphoses, mœurs et instincts des Insectes*, 1868, p. 598.

fig. 1), si complexe en apparence, a été néanmoins parfaitement saisi dans son ensemble par L. Dufour. Il peut se ramener, comme Cuvier l'a constaté le premier, à trois paires de troncs aérifères longitudinaux, symétriquement disposés, reliés entre eux par des canaux anastomotiques, et donnant naissance à des arbuscules trachéens d'une richesse merveilleuse.

La première paire, ou *paire dorsale* (fig. *a*, et fig. 2), s'aperçoit immédiatement lorsqu'on a pratiqué une incision médiane longitudinale à la face supérieure du corps. Elle est séparée des téguments par les muscles de la région tergale, par le cœur et par des *épiploons graisseux*, toutes parties auxquelles elle fournit des trachées. Elle repose, par conséquent, sur le tube digestif. Les deux troncs qui la constituent ont toujours une couleur de cuivre rouge, dans la nymphe comme dans l'insecte parfait. Très-atténués en arrière, et ramifiés jusqu'à l'extrémité de l'abdomen ; ils émettent dans cette région, en dessus et en dessous, neuf ou dix rameaux parallèles à leur origine et qui s'enfoncent brusquement dans les parois du rectum ; puis les deux troncs s'écartent l'un de l'autre pour revenir bientôt après à leur direction première et suivre en ligne presque droite le trajet de l'estomac et de l'œsophage ; ils pénètrent ensuite dans la tête en s'accolant l'un à l'autre, et c'est seulement lorsqu'ils sont arrivés dans la cavité céphalique, et non pas avant, comme le dit L. Dufour, qu'ils se bifurquent en deux troncs secondaires pour fournir des trachées au cerveau et aux muscles de la tête. Suckow (1) a indiqué grossièrement cette disposition. Les deux troncs dorsaux sont réunis à la base du cerveau par un tronc anastomotique qui forme une sorte de pont au-dessus de l'œsophage. Léon Dufour ne signale pas cette anastomose, qui paraît constante dans les Libellules, et que l'on aperçoit même par transparence dans la nymphe de l'*Agrion puella* (Vander-Lind).

Un peu plus bas, dans la région thoracique, à l'endroit où les

(1) Suckow, *Respiration des Insectes, etc.*, dans le *Zeitschrift für die organische Physik* de Heussinger, 1828, pl. I, fig. 7 de l'atlas.

deux troncs dorsaux sont très-rapprochés l'un de l'autre, il existe entre eux un autre canal anastomotique très-court, et c'est de ce dernier, et non des troncs eux-mêmes, comme le dit L. Dufour, que partent, comme les deux branches d'un Y, deux trachées assez brèves allant aux stigmates thoraciques postérieurs (fig. 1, *s's'*).

C'est également d'un tronc dorsal que sont issus les canaux aérifères allant l'un à la troisième, l'autre à la deuxième patte. Ce dernier reçoit aussi, avant de pénétrer dans l'appendice locomoteur, une trachée d'origine du stigmate thoracique antérieur du même côté (fig. 1, *ss.*).

De ce dernier orifice proviennent encore, d'une part le canal aérifère de la première patte, de l'autre une branche allant au tronc dorsal ; il serait donc plus naturel de supposer que l'ouverture stigmatique est venue interrompre le trajet d'une branche issue du tronc dorsal, et en tout semblable à celles qui se rendent à la deuxième et à la troisième patte. Ainsi se trouverait rétabli le parallélisme entre les trois trachées des trois membres du même côté.

Du canal aérifère destiné à la première patte sort en avant une branche récurrente qui forme avec celle du côté opposé une paire de canaux longitudinaux accompagnant l'œsophage en dessous comme les deux troncs dorsaux le suivent en dessus, et qui se replient bientôt pour pénétrer dans la trompe et s'y distribuer. Ce sont ces deux trachées récurrentes que L. Dufour a sans doute prises pour deux branches de bifurcation des troncs supérieurs.

Le système aérifère moyen, ou *viscéral* (fig. 1, BB et fig. 2, *tv*), se distingue par sa couleur argentée du système dorsal dont il répète la disposition en dessous du rectum. Il envoie également dans les parois de cet organe plusieurs branches recourbées et parallèles entre elles, donne ensuite quelques rameaux aux tubes malpighiens, puis remonte sur les côtés de l'estomac et lui fournit un grand nombre de trachées qui s'épanouissent à sa surface en arbuscules argentés du plus bel effet. Enfin les deux troncs viscéraux gagnent la partie supérieure du tube digestif,

et, se croisant en sautoir, viennent se jeter, celui de droite dans la trachée destinée à la deuxième patte du côté gauche, celui de gauche dans la trachée de la deuxième patte du côté droit. En arrière, chacun de ces troncs viscéraux se jette dans le tronc inférieur ou *ventral* du même côté.

Le système aérifère inférieur *ventral* (fig. 1, *cc*), d'un rouge cuivreux comme le système dorsal, est bien moins important puisqu'il n'envoie aucune branche au tube digestif. Il amène l'air par ses ramifications nombreuses aux muscles de la région inférieure du corps et à la chaîne nerveuse, et se termine en avant par deux branches assez grêles. Il se rattache au tronc dorsal du même côté : en arrière par une branche sinueuse et latéralement par cinq branches recourbées qui remontent le long des flancs.

En résumé donc chaque tronc dorsal est relié au tronc ventral du même côté par six canaux anastomotiques, au tronc viscéral par l'intermédiaire de la trachée de la deuxième patte en avant et du tronc ventral en arrière, enfin au tronc dorsal du côté opposé par deux branches transversales, l'une céphalitique, l'autre thoracique.

Dans cette description succincte j'ai négligé les ramifications secondaires des trachées; il en est cependant quelques-unes qui présentent une disposition intéressante. Par exemple, sous la voûte tergale, les trachées qui arrivent perpendiculairement au vaisseau dorsal, s'arrêtent brusquement contre ses parois et se partagent en deux branches, tellement écartées l'une de l'autre qu'elles deviennent presque parallèles à l'axe du corps, et dont l'une assez courte se dirige en arrière, tandis que l'autre se prolonge en avant. Il résulte de cette disposition que le vaisseau dorsal est limité, à droite et à gauche, par un cordon trachéen interrompu. Quelque chose d'analogue se voit le long du sillon qui loge la chaîne ganglionnaire; de plus, les trachées émises perpendiculairement à sa direction, au niveau de chaque ganglion, viennent s'épanouir chacune à la surface d'un de ces centres nerveux, et ont été prises par Léon Dufour pour autant de nerfs médians.

Dans la tête, les canaux aérifères ont une disposition arborescente à la base du cerveau, pectinée entre les éléments des nerfs optiques. La lèvre supérieure reçoit deux rameaux trachéens du système dorsal, la lèvre inférieure ou le *masque* deux branches récurrentes des trachées de la première paire de pattes. Ce fait pourrait être encore invoqué comme preuve de la dualité primitive de ces pièces buccales.

Les trachées excessivement fines que l'on aperçoit, en s'aidant d'un grossissement considérable, à la surface du vaisseau dorsal suivent la direction générale de cet organe.

De chaque côté du cœur, et formant une sorte de *fraise*, pour me servir de l'expression de L. Dufour, sont des *épiploons graisseux* qui reçoivent du système dorsal une extrême abondance de canaux aérifères ; à un niveau inférieur se trouve une deuxième paire d'épiploons, non moins riche en trachées. L. Dufour regarde ces masses graisseuses comme destinées à subir une sorte de résorption nutritive dans les temps de diète et d'abstinence forcée ; mais la quantité d'air qu'elles reçoivent dénote une importance physiologique bien plus considérable : c'est qu'en effet elles sont le siége du développement des organes génitaux, dont on aperçoit déjà les vestiges sous la forme de cordons composés de cellules accolées bout à bout, dans la nymphe qui est sur le point de se transformer.

Le système aérifère général des nymphes de la *Libellula vulgata* et de la *Libellula depressa* ne présente pas avec celui de la nymphe de l'*Æschnide* de différences capitales : même nombre de troncs longitudinaux ; même disposition en sautoir des troncs viscéraux sur la portion antérieure du tube digestif ; mêmes anastomoses principales, sauf pour les troncs viscéraux qui s'épuisent en arrière au lieu de s'aboucher dans les troncs ventraux.

Swammerdam (1), de Geer (2), Cuvier (3), von Siebold (4)

(1) *Biblia naturæ.*

(2) Mémoires, *loc. cit.*

(3) Mémoires, *op. cit.*, p. 48.

(4) *Manuel d'anatomie comparée*, 1849.

ne font pas mention des stigmates des larves de Libellules. Réaumur (1) parle d'un assez grand nombre de stigmates abdominaux, et, d'après lui sans doute, Sprengel (2), Carus (3) et Duvernoy (4) en admettent sept ou neuf paires. Mais l'examen minutieux des téguments montre qu'il n'y a pas d'ouverture, mais de simples taches sur les côtés de l'abdomen.

Réaumur indique en outre deux paires de stigmates thoraciques ; Léon Dufour au contraire n'en a vu qu'une paire, et après l'avoir décrite, il ajoute :

« Réaumur dit qu'il existe encore une autre paire de stigmates » au thorax de nos larves nymphes ; il la place au-dessus de » l'origine des premières pattes, près de la jonction du corselet » avec le col. Remarquons qu'il n'en a pas donné la figure. J'ai » employé dans cette investigation tous les procédés inspirés par » une longue pratique ; j'ai mis à la poursuivre une obstination » d'autant plus soutenue que j'avais constaté, ainsi que notre » illustre observateur, deux paires de ces organes dans le thorax » des Libellules ailées. Eh bien ! je déclare que je ne suis point » parvenu à les découvrir dans les larves. »

Justice doit être rendue sur ce point à Réaumur : il y a deux paires de stigmates thoraciques dans les *Æschnides* comme dans les *Libellulides*, dans les nymphes comme dans les adultes.

La première paire, la seule décrite par L. Dufour, est située dans le sillon qui sépare le prothorax du mésothorax, et s'aperçoit facilement quand on étire les téguments dans le sens longitudinal (fig. 10 et 11). Ces deux orifices sont légèrement entr'ouverts et il n'y a d'autre obstacle au passage direct de l'air dans les trachées qu'une membrane délicate qui voile le fond de la chambre stigmatique et empêche l'irruption de l'eau. Les deux lèvres, maintenues entre une sorte de cadre chitineux incomplet, sont elles-mêmes chitineuses, de couleur jaune ou

(1) *Mémoires pour servir à l'histoire des Insectes*, t. VI, p. 398.

(2) « In larvis Libellularum equidem stigmata septena aut novena video. » C. Sprengel, *Comment. de partibus quibus Insecta spiritus ducunt.*

(3) Carus, *Anatomie comparée*, t. II, p. 180.

(4) Duvernoy, *op.*, *loc. cit.*, p. 498.

brunâtre, et limitées extérieurement par un bord net. Par la fente qui existe entre elles on voit que le bord interne de la lèvre inférieure est finement dentelé et figure une sorte de peigne, disposition qui n'est pas rare dans les insectes aquatiques.

Les deux autres stigmates, situés bien plus en arrière, se distinguent à peine à l'œil nu comme deux petits points placés au-dessus de l'origine de la troisième patte. En les examinant à l'aide d'un fort grossissement, on reconnaît qu'ils ont, dans l'*Æschna maculatissima*, la forme d'un mamelon ovulaire et non perforé, ayant à son sommet une ligne brunâtre sinueuse suivant laquelle se fera l'ouverture (fig. 12), et dans la *Libellula vulgata* l'aspect d'un petit tympan, constitué par une membrane lâche attachée à un cadre chitineux (fig. 10).

Ces stigmates n'acquerront toute leur perfection que lors de la métamorphose, quand l'insecte ne devra plus introduire dans ses innombrables ramifications trachéennes que de l'air puisé directement dans l'atmosphère. Mais la Libellule, à l'état de nymphe, passe la majeure partie de sa vie dans l'eau, et est pourvue, en conséquence, d'un appareil destiné à extraire du liquide ambiant le fluide respirable. Le développement des trachées à la surface du rectum et même dans l'épaisseur de ses parois, comme le montre une dissection grossière, l'habitude qu'ont les nymphes d'aspirer et rejeter l'eau par l'anus à intervalles inégaux, tout indiquait que la dernière portion du tube digestif était le siége de l'échange du gaz. Aussi des observateurs comme Cuvier, Duvernoy, Marcel de Serres, de Suckow, etc., ont-ils facilement reconnu qu'il existait dans le rectum des nymphes d'Eschnides un appareil branchial composé de six bandes longitudinales, convergentes à leurs extrémités de manière à former deux replis circulaires ou valvules, et constituées chacune par une double série de mamelons, hérissés de tubes coniques, auxquels correspondent, sur la face externe, de nombreuses ramifications trachéennes (Pl. 2, fig. 2). Ces mamelons que l'on distingue à l'œil nu, grâce à leur couleur violacée, sont de véritables branchies, des *branchies pneumatiques*, comme Duvernoy les appelle pour les distinguer des *branchies sangui-*

fères des Poissons (fig. 3). L. Dufour, reprenant cette étude, l'a poussée beaucoup plus loin. Il reconnaît que les lames branchiales sont garnies d'une villosité molle, blanche et comme nacrée, qui n'est pas sans analogie, dit-il, avec celle qui revêt le ventricule chylifique de certains insectes carnassiers. Voyant que par une macération prolongée dans l'eau cette même villosité se détache de la face interne du rectum comme une membrane hyaline avec des plis correspondant aux lames branchiales, il la compare à la muqueuse qui revêt les branchies des poissons. Enfin, la soumettant à une puissante lentille du microscope, il y distingue de fines papilles tubuleuses, renflées en massues à leur bout libre, et tantôt incolores, tantôt offrant dans leur intérieur une teinte châtain clair. Jusque-là c'est parfaitement exact, mais Dufour ajoute : « La netteté des contours » de cette teinte, sa distance régulière de la périphérie, témoi» gnent à mes yeux de l'existence d'un tube inclus auquel la » papille servirait de gaîne. » Et plus loin :

« Ce tube inclus, brun au microscope, m'a toujours paru » purement membraneux, et dépourvu de roideur et d'élasti» cité. L'étude à la simple loupe de ces papilles qui sont alors » blanches et nacrées, persuade aisément *qu'elles ne sont que* » *des prolongements trachéens,* mais avec quelque modification » texturale peu facile à saisir. Dans le fait intéressant cité plus » haut de la décortication de la muqueuse rectale à la suite de » la macération, la gaîne de ces papilles, dégagée alors du tube » inclus, n'offrait pas la teinte brune que le microscope révélait » dans ce dernier. Ces papilles tubuleuses piliformes s'implan» tent brusquement sur la trame trachéenne de la lame. Au » bout de cette implantation le microscope décèle une disposi» tion radiée de trachéoles presque imperceptibles et de ca» naux anastomotiques droits. »

En lisant ce passage on est convaincu que Léon Dufour regarde les papilles branchiales elles-mêmes comme les terminaisons des trachées, se rapprochant en cela de l'opinion de Suckow ; aussi est-on fort étonné de trouver plus loin, à propos du mécanisme de la respiration cette phrase :

« Je crois avoir clairement démontré que le dernier terme » anatomique de cette structure était une lame tantôt formée » d'un canevas trachéen d'une excessive finesse, tantôt de ce » même canevas où s'implantent des papilles tubuleuses, *dont* » *l'axe est une production trachéenne.* »

Et cette autre :

« Rappelons-nous que les subtiles ramifications trachéennes » des lames branchiales sont tapissées et même *engaînées* par la » muqueuse rectale. »

Dans ces quelques lignes est contenue implicitement une nouvelle hypothèse, qui consiste à voir l'extrémité des canaux respiratoires non plus dans les papilles branchiales elles-mêmes, mais dans le tube qu'elles renferment. Cette supposition paraît a priori plus naturelle et l'observation microscopique vient la justifier à certains égards. Un grossissement de 300 fois environ montre dans les papilles non pas un seul tube inclus, mais un véritable chevelu de trachées qui sont repliées sur elles-mêmes de manière à ne jamais atteindre l'extrémité de ces doigts de gant, et qui se continuent sans interruption avec des canaux aérifères plus volumineux traversant la couche muqueuse du rectum. En employant les grossissements considérables donnés par un objectif à immersion, j'ai reconnu de la manière la plus nette que les papilles, parfaitement transparentes, portent des sortes de dents sur leur bout renflé et en cul-de-sac, qu'elles servent de gaîne lâche à un arbuscule trachéen dont les dernières ramifications ne sont pas seulement recourbées, mais anastomosées à plein canal, de manière à former de véritables anses (fig. 7). Dans l'espace qui existe toujours entre celles-ci et le fond du doigt de gant, il n'est pas rare d'apercevoir quelques corpuscules qui sont peut-être des globules sanguins. La membrane hyaline qui porte les papilles implantées directement à sa surface et qui constitue ces appendices eux-mêmes, est très-résistante et me semble la continuation de la membrane épithélique chitineuse qui revêt intérieurement la première partie du tube digestif. Dans ce cas les villosités se-

raient des productions analogues aux aspérités et aux dents qui garnissent fréquemment le gésier des insectes.

En résumé donc, dans la nymphe de l'*Æschna maculatissima*, les troncs trachéens dorsaux et viscéraux donnent naissance à des branches secondaires qui traversent les parois du rectum et envoient jusque dans les papilles branchiales leurs ramifications réunies par des anses d'une délicatesse extrême. Chaque tronc dorsal fournit des trachées à deux bandes rectales ou à quatre séries branchiales; chaque tronc viscéral à une seule bande ou à deux séries.

Dans les nymphes de Libellules, comme l'a reconnu L. Dufour, et en particulier dans celles de la *Libellula vulgata*, le rectum offre aussi, sur ses parois internes, six colonnes longitudinales; mais celles-ci présentent chacune, au lieu de deux rangées de touffes villeuses, une double série de lamelles violacées, parfaitement lisses, empilées en grand nombre les unes sur les autres, et ne montrant, dans leur situation normale, que leur tranche oblique par rapport à l'axe du rectum (fig. 8). « Sépa-» rées, isolées avec la pointe d'une aiguille, dit L. Dufour, les » lames s'atténuent vers leur pétiole, et la plus puissante len-» tille du microscope décèle dans leur trame des stries serrées » d'une incroyable finesse qui, vers le bout dilaté de la lame, » affectent une disposition courbe. Ces stries, nacrées à la loupe » et obscures au microscope, sont indubitablement des trachées » et me confirment dans l'idée *que les papilles tubuleuses des* » *Æschnes ne sont non plus que des prolongements trachéens.* »

A part ces derniers mots qui répètent l'erreur que nous avons relevée plus haut, la description de Léon Dufour est exacte et exprime fidèlement ce que l'on observe en s'aidant d'un grossissement assez faible ; mais en examinant avec un objectif à immersion les appendices constitutifs de l'appareil branchial, j'ai reconnu que les lamelles s'attachent, non par un pétiole étroit, mais par une large base sur la membrane hyaline avec laquelle elles se détachent par la macération dans l'eau ; qu'elles sont allongées transversalement; que leur bord libre est rectiligne en avant, un peu arrondi en arrière; que les stries ob-

servées par Léon Dufour dans leur épaisseur sont bien des trachées, et que celles-ci ne sont pas seulement recourbées, mais bien anastomosées à plein canal, de manière à former des anses, comme dans les Æschnides, et qu'elles se rattachent à des trachées plus grosses qui sont elles-mêmes des dépendances des systèmes dorsaux et viscéraux (Pl. 2, fig. 5). Les troncs dorsaux fournissent aux lamelles des quatre bandes branchiales supérieures et latérales, et à une partie de celles des deux bandes inférieures; celles-ci reçoivent le reste de leur contingent trachéen des deux troncs viscéraux qui s'épuisent dans ces parties.

L'appareil branchial de la nymphe de la *Libellula vulgata* reçoit donc la majorité de ses trachées du système supérieur. Il faut remarquer aussi que les lamelles branchiales de cette nymphe correspondent physiologiquement aux papilles des *Æschnides*, et non aux touffes branchiales, puisque c'est dans les papilles que sont incluses les anses trachéennes.

La nymphe de la *Libellula depressa* présente dans son appareil respiratoire une disposition presque identique. Il y a aussi dans le rectum six bandes bi-sériales de lamelles empilées, de forme ovalaire, renfermant des anses trachéennes et colorées en violet par un pigment qui paraît dépendre de la muqueuse sous-jacente.

Un mot maintenant sur la structure des trachées dans les nymphes de Libellules. Dans les canaux aérifères que j'ai examinés, il ne m'a jamais été possible de distinguer plus de deux membranes, les deux seules admises par Leydig (1), savoir :

1° Une *membrane conjonctive*, ou *enveloppe péritonéale*, en connexion intime avec le corps graisseux, quelquefois incolore, plus souvent imprégnée d'une couleur brune ou violacée ;

2° Une *membrane interne*, homogène, chitinisée, qui donne aux trachées leur aspect caractéristique et engendre le fil spiral.

Suivant Leydig, le fil spiral fait partie de la membrane elle-même, dont il n'est qu'un épaississement bombé en saillie. Je

(1) Leydig, *Traité d'histologie*, § 327, p. 437.

dois déclarer qu'en effet, *dans les Libellules à l'état de nymphes*, je n'ai jamais pu dérouler un fil spiral net; toutes les fois que j'ai cru y être parvenu, je me suis convaincu, en soumettant à l'examen microscopique cette spire délicate, souvent encore adhérente à une trachée ou reliant deux tronçons pris sur des animaux vivants, je me suis convaincu, dis-je, qu'elle n'était qu'un ruban à bord déchiqueté, strié longitudinalement comme la trachée elle-même, et résultant de la déchirure de la membrane interne suivant les lignes de moindre résistance, c'est-à-dire suivant les sillons qui séparent les bourrelets en décrivant comme eux une spirale serrée.

Quant à la membrane externe, elle tend à disparaître dans les dernières ramifications trachéennes; mais elle s'altère si rapidement que son absence peut souvent n'être qu'accidentelle. En revanche j'ai vu, sur des trachées du vaisseau dorsal de la nymphe de l'*Æschna maculatissima*, la même tunique externe embrasser deux trachées parallèles issues du même tronc principal. J'ai pris à la chambre claire un croquis de cette disposition d'ailleurs fort rare et tout à fait anormale (fig. 5).

Les métamorphoses apportent des changements importants dans les trachées ; il y a une véritable mue par suite de laquelle, autour de la trachée primitive, destinée à disparaître, il s'en développe une autre, de plus fort calibre, qui enveloppe la première comme une gaîne (fig. 6).

Au moment où l'insecte va entrer dans la nouvelle phase de son existence, les branchies disparaissent, les troncs dorsaux eux-mêmes deviennent flasques, au moins dans leur portion postérieure, et sur leurs rameaux apparaissent des sacs aériens. J'ai déjà trouvé de ces trachées vésiculaires dans l'insecte qui n'avait pas encore quitté sa dépouille, mais qui présentait, déjà bien formés, ses téguments nouveaux sous les anciens et ses ailes plissées dans leurs étuis. Les sacs aériens sont alors brunâtres et affaissés.

Réaumur a saisi, avec son talent ordinaire d'observation, le mécanisme de la respiration chez les larves. La description

qu'il en donne a été reproduite par Léon Dufour, aussi n'aurai-je presque rien à y ajouter.

L'extrémité de l'abdomen est munie, chez les nymphes des *Æschnes* et des *Libellules*, de cinq appendices plus ou moins lancéolés, l'un médian et supérieur, les autres latéraux et inférieurs, entre lesquels se trouve l'orifice anal, et qui sont susceptibles, en venant s'appliquer les uns contre les autres, de fermer hermétiquement cette ouverture (voy. fig. 14 et 15). Au contraire, lorsqu'ils sont écartés, l'eau peut pénétrer librement dans la chambre branchiale ou en être expulsée. L'anus lui donne directement accès dans cette cavité chez les Libellules ; mais chez les Æschnes, il y a une sorte de vestibule séparé du rectum par une valvule circulaire.

L'aspiration et l'expulsion du liquide se font, à intervalles irréguliers, plutôt par le jeu des arceaux de l'abdomen que par les contractions du rectum, car les parois de cet organe sont moins musculaires qu'on ne pourrait le supposer. La projection de l'eau a lieu brusquement et aide à la progression de l'animal dont le corps subit un mouvement de recul.

Quant à l'échange des gaz, il s'effectue de la manière la plus simple, en vertu des lois physiques, et non d'une *affinité élective* dont serait douée la muqueuse rectale ; il n'y a en effet entre l'eau oxygénée et l'air contenu dans les anses trachéennes que des membranes très-minces, savoir : la membrane épithélique des branchies et les tuniques propres des trachées, et des fluides interposés, c'est-à-dire des gaz et peut-être du sang. On compte dans la nymphe de l'*Æschna maculatissima* plus de cent papilles à chaque touffe branchiale, et vingt touffes par série, c'est-à-dire $100 \times 20 \times 2 \times 6$ ou 24 000 papilles au moins pour la totalité de l'appareil branchial. Ce chiffre, sans doute trop faible, peut donner une idée de la multiplicité des contacts entre les trachées et le fluide respirable. Dans les nymphes de Libellules proprement dites, la respiration n'est pas moins active, car si les lamelles branchiales sont dépourvues de villosités, elles sont en plus grand nombre et présentent à l'eau oxygénée une surface au moins égale. L'air vital pénètre ensuite dans toutes les par-

ties du corps, mais il n'est pas expulsé, comme l'ont cru certains auteurs, par les stigmates thoraciques. Ceux-ci sont-ils seulement des témoins destinés à marquer la place qu'occuperont les orifices respiratoires de l'adulte, ou bien servent-ils déjà à la nymphe pour l'absorption des gaz, lorsqu'elle est obligée de respirer à l'air libre, soit par suite du desséchement de la mare qu'elle habite, soit surtout quand arrive l'instant de sa métamorphose et quand ses branchies commencent à s'atrophier? Dufour admet cette dernière opinion, et je serais assez disposé à la partager. En effet, les stigmates de la nymphe sont assez développés, surtout les antérieurs, qui sont entr'ouverts. D'autre part, on voit que l'insecte qui va se métamorphoser cherche à sortir de l'eau et périt asphyxié si on le maintient dans ce liquide. Il y a là un moment critique qui correspond à un changement radical du mode de respiration et qui marque la fin du deuxième âge de la Libellule. Mes recherches n'ont porté que sur cette période de son existence, mais j'espère les compléter en étudiant d'une manière analogue la respiration chez l'adulte.

EXPLICATION DES FIGURES.

PLANCHES 10, 11 ET 12.

Fig. 1. Système trachéen de la nymphe de l'*Æschna maculatissima*. — AA, troncs supérieurs ou *dorsaux*; BB, troncs moyens ou *viscéraux*; CC, troncs inférieurs ou *ventraux*; SS, stigmates antérieurs; S′S′, branches allant aux stigmates postérieurs.

Fig. 2. Système viscéral de la même nymphe. — T, tête; O, œsophage; G, gésier; E, estomac; M, tubes malpighiens; R, rectum; A, anus; *tv*, troncs viscéraux; *td*, troncs dorsaux.

Fig. 3. Touffe branchiale, grossie 90 fois environ, de la même nymphe.— *t*, trachée; *pp*, papilles.

Fig. 4. Rectum ouvert et grossi de la même nymphe, montrant les six bandes branchiales. — *v*, *v′*, valvules.

Fig. 5. Portion grossie d'une trachée du vaisseau dorsal de la même nymphe. — *me*, membrane externe; *mi*, membrane interne; *t t′*, trachéoles.

Fig. 6. Trachée grossie 140 fois de la même nymphe, au moment de la métamorphose. — TT, nouvelle trachée; *tt*, ancienne trachée.

Fig. 7. Lamelles branchiales de la nymphe de la *Libellula vulgata*, vues sous un grossissement de 950 fois. — *t*, trachée; *mh*, *mh′*, membrane hyaline.

Fig. 8. Réctum ouvert et grossi de la même nymphe, montrant les six bandes branchiales. — *td*, troncs dorsaux; *tv*, troncs viscéraux; *v*, valvule.

Fig. 9. Stigmate antérieur droit de la nymphe de la *Libellula vulgata*, vu sous le même grossissement.

Fig. 10. Stigmate postérieur gauche de la même nymphe, vu sous le même grossissement.

Fig. 11. Stigmate antérieur droit de la nymphe de l'*Æschna maculatissima*, vu sous un grossissement de 70 fois.

Fig. 12. Stigmate postérieur gauche de la nymphe de l'*Æschna maculatissima*, vu sous le même grossissement.

Fig. 13. Papille branchiale de la même nymphe, vue sous un grossissement de 950 fois.

Fig. 14. Extrémité (très-grossie) de l'abdomen chez la même nymphe.

Fig. 15. Extrémité (très-grossie) de l'abdomen chez la même nymphe de la *Libellula vulgata*.

FIN DU ONZIÈME VOLUME.

TABLE DES ARTICLES

CONTENUS DANS CE VOLUME.

ANIMAUX VERTÉBRÉS.

Observations anatomiques sur les *glandes nasales des Oiseaux*, par M. Jobert. 349

Observations sur l'*ablation des hémisphères cérébraux des Pigeons*, par M. Voit. (Extrait.). 90

ANIMAUX INVERTÉBRÉS.

Mémoire sur la *génération des Aphides*, par M. Balbiani. 5

Études sur la *chaleur* libre dégagée par les animaux invertébrés, et particulièrement par les Insectes, par M. Maurice Girard. 135

Note sur la *Respiration chez les nymphes des Libellules*, par M. Oustalet. . . 370

Observations sur les *Aphidiens* qui font les galles des Pistachiers, par M. Derbès. 93

Observations sur des Crustacés rares ou nouveaux des côtes de France, par M. Hesse. (Dix-septième article.). 275

Réapparition du genre *Arethusia*, par M. Barroude. (Extrait.). 108

Note sur la disposition des couches musculaires chez les *Annélides*, par M. A. de Quatrefages. 309

Note sur une nouvelle Annélide chétopode hermaphrodite, par M. G. Moquin-Tandon. 134

Observations sur la fécondation des Mollusques céphalopodes du golfe de Gascogne, par M. A. Lafont. 109

Sur les Crénoïdes vivants, par M. Sars. (Annonce.). 108

TABLE DES MATIÈRES

PAR NOMS D'AUTEURS.

BALBIANI. — Mémoire sur la génération des Aphides. 5

BARROUDE. — Réapparition du genre *Arethusia*. (Extrait.). 108

DERBÈS. — Observations sur les Aphidiens qui font les galles des Pistachiers 93

GIRARD (M.). — Études sur la chaleur libre dégagée par les animaux invertébrés et particulièrement par les Insectes. 135

HESSE. — Observations sur les Crustacés rares ou nouveaux des côtes de France. 275

JOBERT. — Recherches anatomiques sur les glandes nasales des Oiseaux. 349

LAFONT (A.). — Observations sur la fécondation des Mollusques céphalopodes du golfe de Gascogne. . . . 109

MOQUIN-TANDON (G.). — Note sur une nouvelle Annélide chétopode hermaphrodite. 134

OUSTALET — Note sur la respiration chez les nymphes des Libellules. . 370

QUATREFAGES (A. DE). — Note sur la disposition des couches musculaires chez les Annélides. 309

SARS. — Mémoire pour servir à la connaissance des Crinoïdes vivants. (Annonce.). 108

VOIT. — Observations sur l'ablation des hémisphères cérébraux des Pigeons. (Extrait.). 90

TABLE DES PLANCHES

RELATIVES AUX MÉMOIRES CONTENUS DANS CE VOLUME.

Planche 1. Chélonidiforme type.

Planche 2. Aphides ovipares.

— 3 et 4. Aphidiens.

— 5, 6 et 7. Anatomie des Annélides.

— 8 et 9. Glandes nasales des Oiseaux.

— 10, 11 et 12. Appareil respiratoire des Libellules.

Paris. — Imprimerie de E. MARTINET, rue Mignon, 2.

Chelonidiforme type.

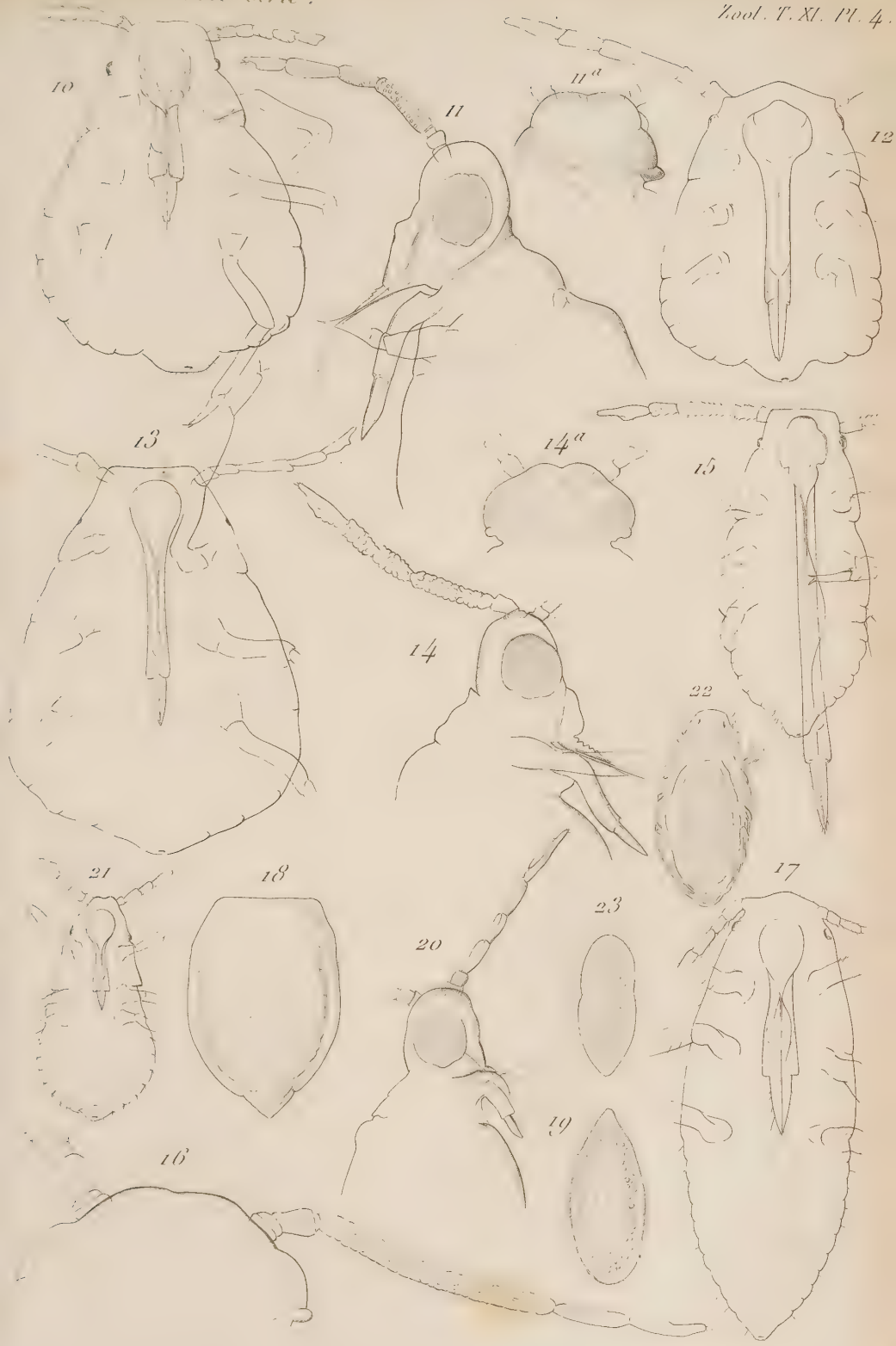
Sphides crepuscu

G. Balbiani del.

Appareil génital du mâle.

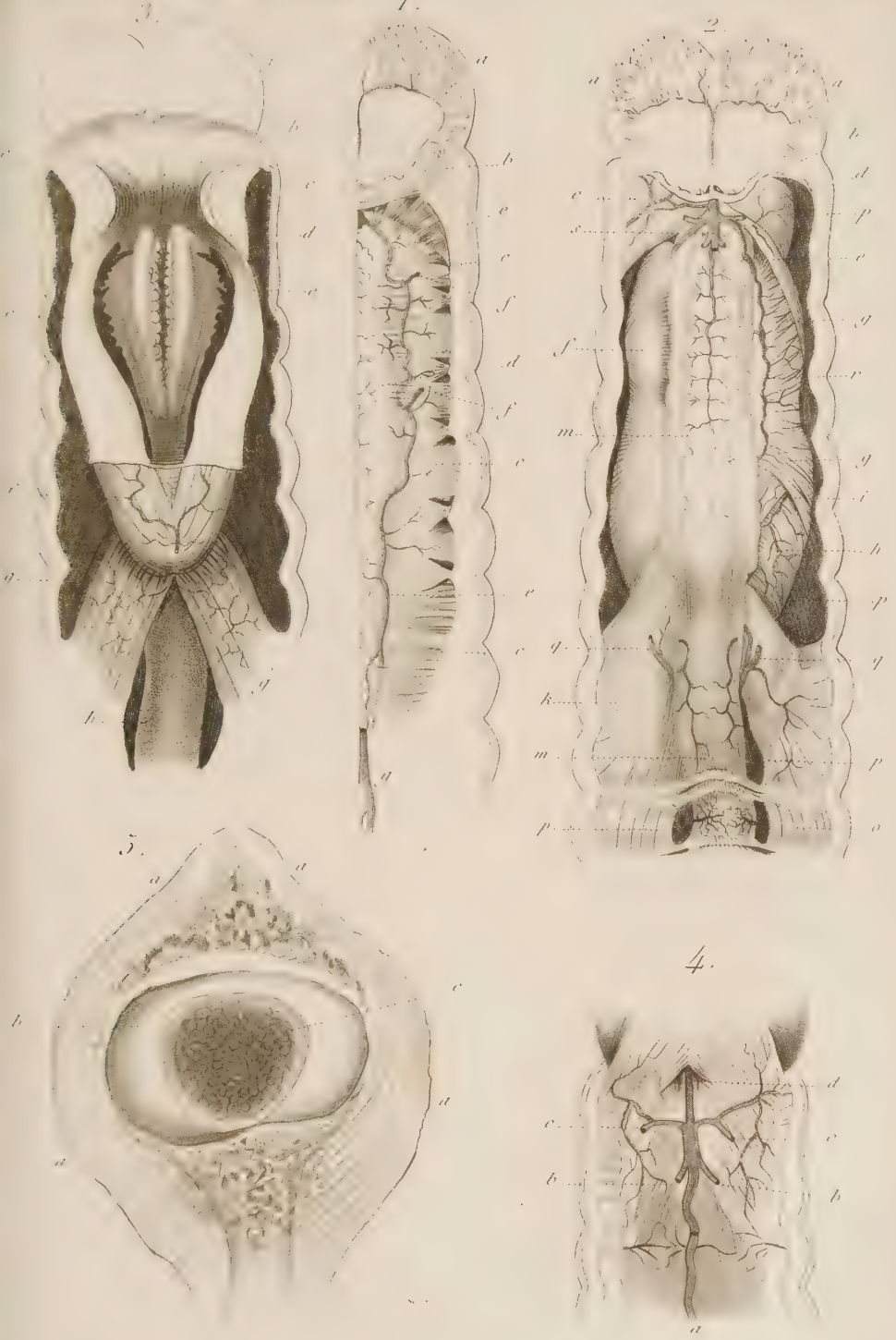
Aphidiens.

A. Salmon imp. r. Vieille-d'estrapade 15. Paris.



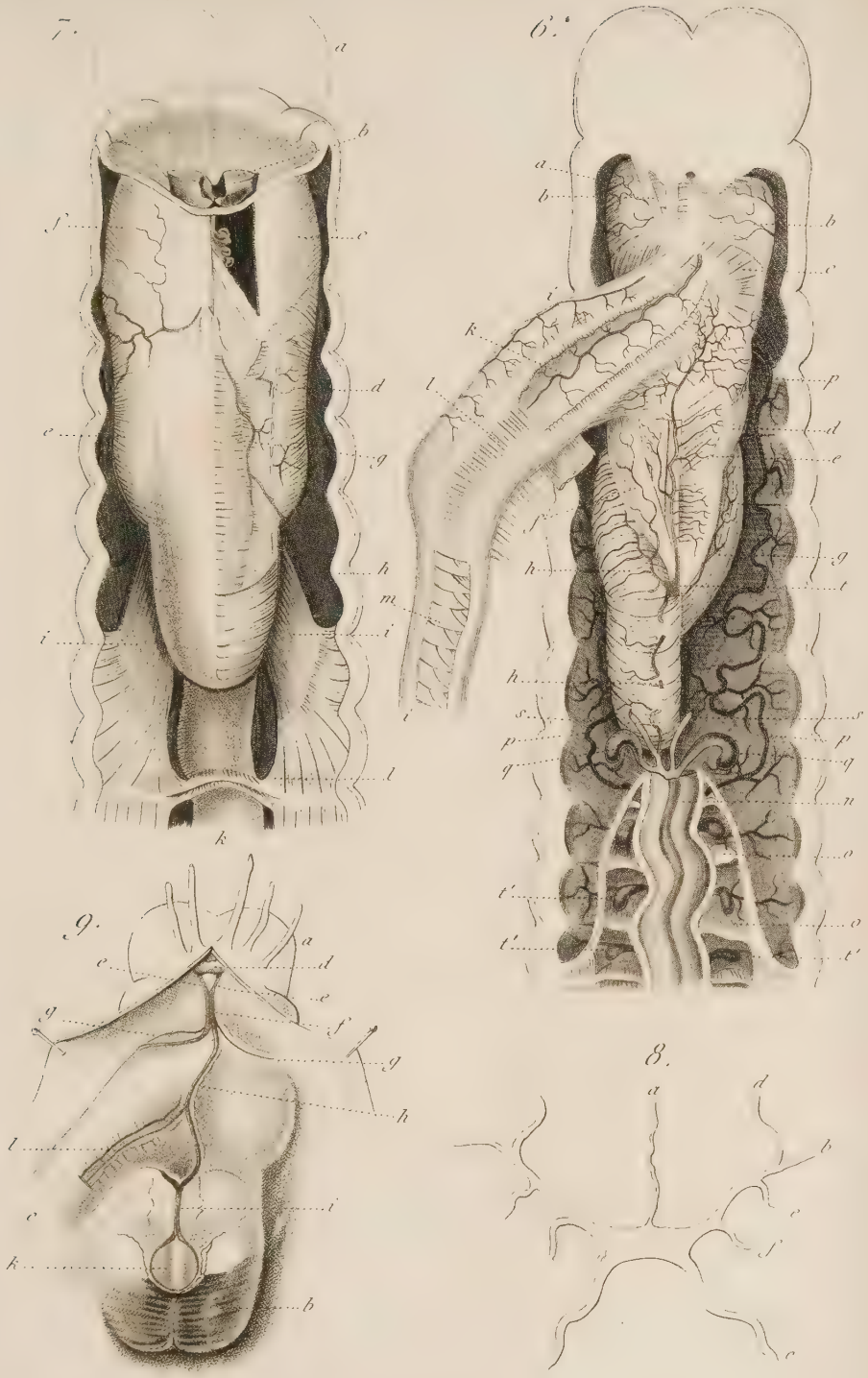
Aphidiens.

Anatomie des Annélides.



Anatomie des Annélides.

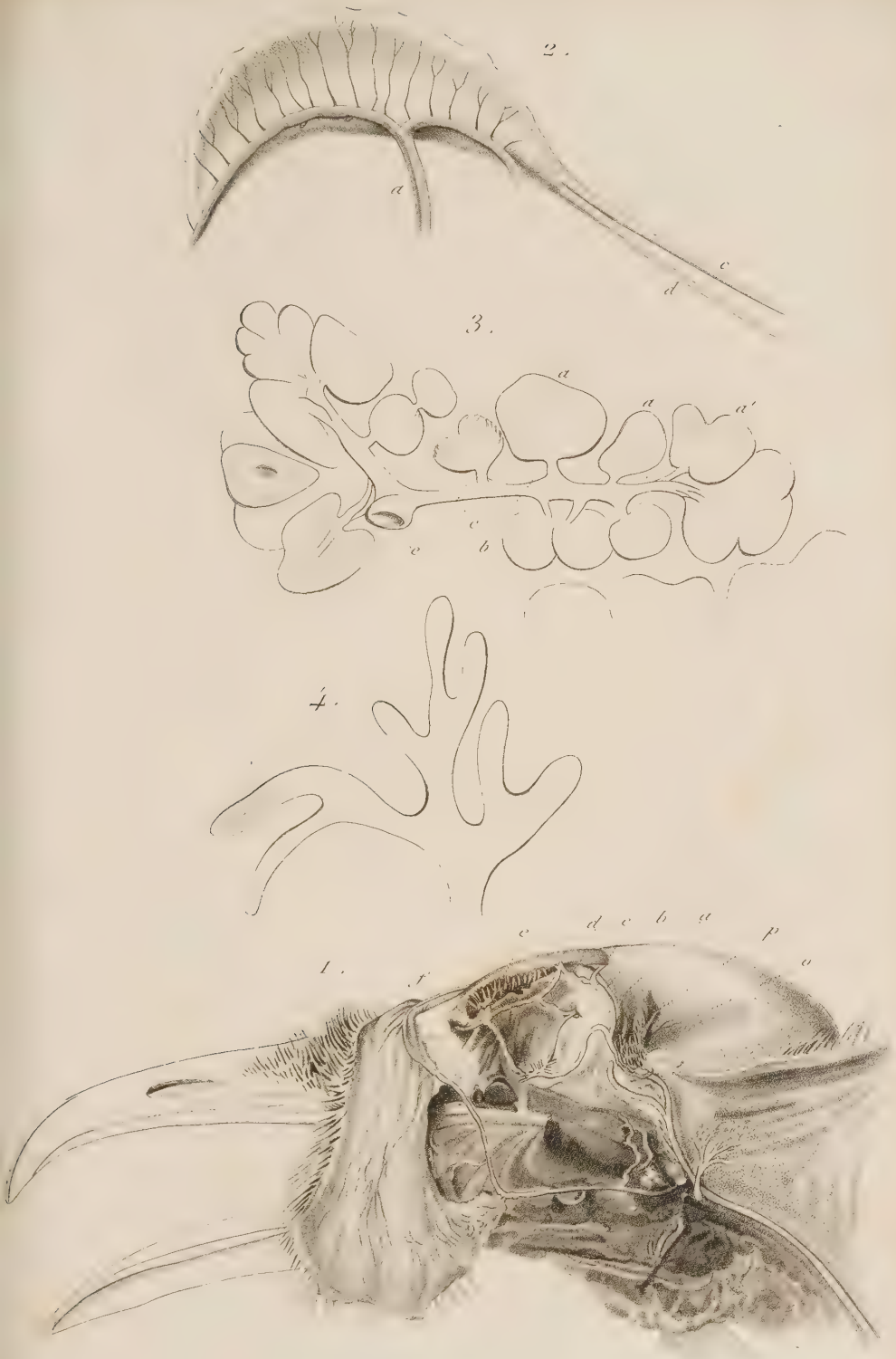
A. Salmon, imp. r. V. Estrapade 55



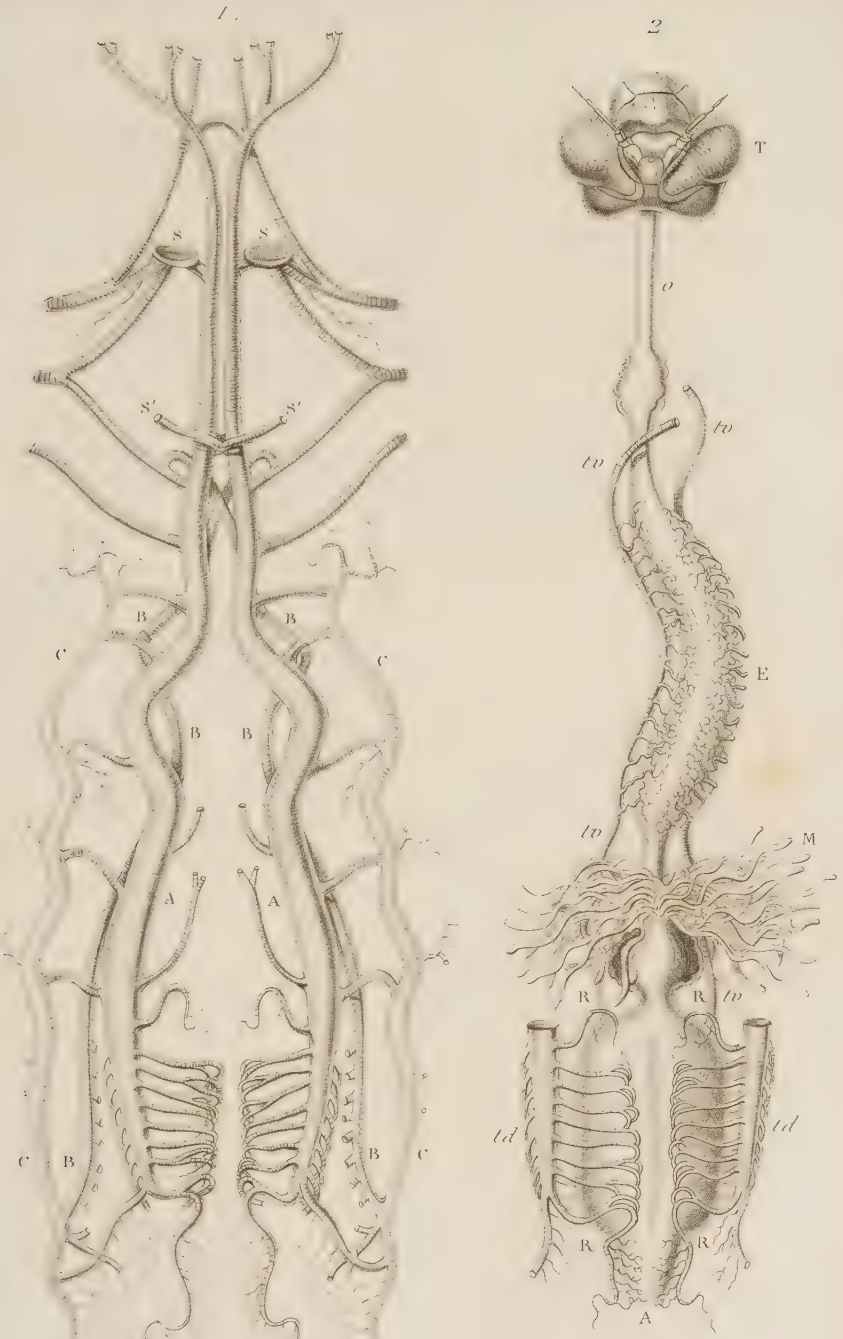
Anatomie des Annélides.

A. Salmon imp. r. V. Estrapade, 26. Paris

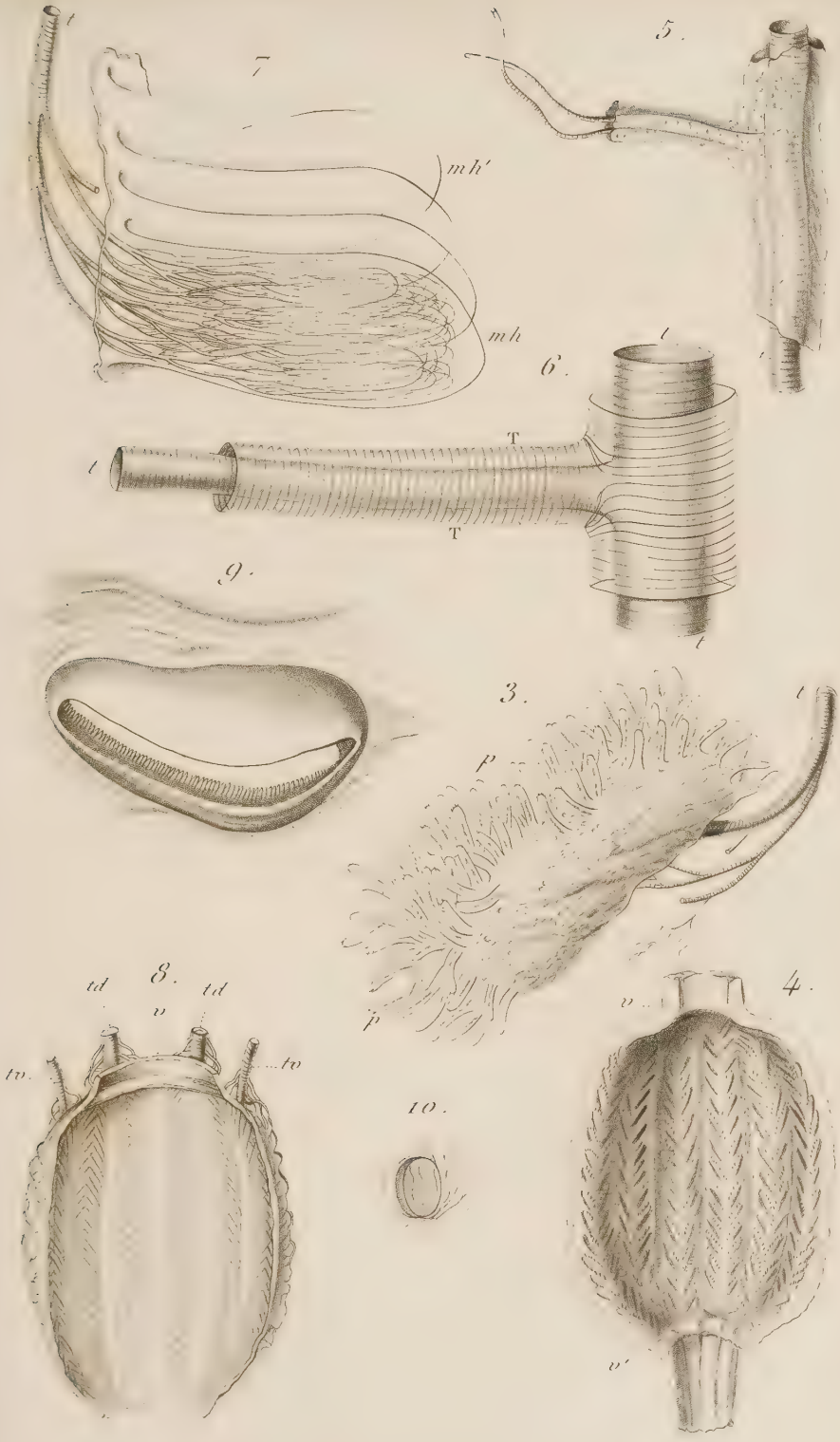
Glandes nasales des Oiseaux.



Glandes nasales des Oiseaux.



Appareil respiratoire des Libelluliens.



Appareil respiratoire des Libelluliens.

Appareil respiratoire des Libelluliens.

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

CINQUIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

Paris. — Imprimerie de E. Martinet, rue Mignon, 2.

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

CINQUIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

COMPRENANT

L'ANATOMIE, LA PHYSIOLOGIE ET LA CLASSIFICATION
DES VÉGÉTAUX VIVANTS OU FOSSILES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

MM. AD. BRONGNIART ET J. DECAISNE

XI

PARIS

VICTOR MASSON ET FILS,

PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE

1869

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

BOTANIQUE

MÉMOIRE SUR LES BACTÉRIES,

Par M. Hermann HOFFMANN,

Professeur de botanique à l'Université de Giessen.

(Traduit de la *Botanische Zeitung* de MM. Hugo de Mohl et Antoine de Bary, t. XXVII, nn. 15-20 [9 avr.-14 mai 1869], pl. IV.)

Après plusieurs années d'études et d'observations consacrées aux Bactéries, qu'il me soit permis de faire connaître aussi brièvement que possible le petit nombre des résultats positifs que j'ai obtenus de ces difficiles recherches. J'aurai ainsi occasion de montrer dans quelle direction de nouvelles études pourraient être tentées avec le plus de chances de profit, et quels écueils doivent surtout être évités. Les principales difficultés du sujet consistent d'abord en ce que les Bactéries sont d'une extrême ténuité et tellement répandues partout qu'il est presque impossible de mettre à l'abri de leur invasion nos cultures artificielles; mais ces difficultés sont encore et principalement dans l'inextricable confusion d'opinions auxquelles a donné lieu, en ces derniers temps, l'histoire de ces productions. Si quelqu'un s'étonnait que des recherches variées et longtemps poursuivies comme les miennes l'ont été, n'eussent pas conduit jusqu'à présent à plus de connaissances précises, celui-là ne se serait sans doute pas

occupé sérieusement du sujet. Il m'a semblé d'ailleurs plus prudent, quoique moins flatteur peut-être pour l'amour-propre, de ne rien écrire qui ne fût parfaitement sûr, et j'ai craint d'amoindrir la valeur des faits positifs en y mêlant ce qui ne m'eût semblé que probable ou vraisemblable. La nature même du sujet ne nous permet d'y avancer qu'à petits pas; elle nous oblige à faire halte souvent pour nous livrer à des revues critiques, afin d'éviter les fausses routes toujours nombreuses et de séparer soigneusement l'erreur de la vérité.

Quant à l'importance de la question des Bactéries, je n'ai pas besoin d'insister pour la faire apprécier ; effectivement, elle n'est pas devenue une sorte de pierre angulaire seulement pour une partie de la mycologie, comme beaucoup l'imaginent, mais bien encore pour la pathologie humaine; toutefois son intérêt principal lui vient de la théorie des générations spontanées qui est aujourd'hui, en quelque sorte, le foyer des spéculations philosophico-naturelles, car cette théorie, qu'on peut qualifier d'hypothèse touchant l'origine et la succession ou l'évolution et la descendance des êtres organisés, s'étaye d'ordinaire, comme on sait, sur le développement des organismes inférieurs tels que les Bactéries et leurs analogues.

I. A proprement parler, nos connaissances positives en ce qui regarde les Bactéries en sont encore au point où les ont amenées d'abord les travaux d'Ehrenberg et de Dujardin, puis les recherches beaucoup plus récentes de M. Cohn. A part quelques légères divergences d'opinion relatives aux essais infructueux tentés pour classer méthodiquement les Bactéries et leurs alliés manifestes, les Vibrions et certaines Monades, tous les observateurs conviennent que nous avons affaire ici aux organismes les plus simples et les plus petits que l'on connaisse, que ces êtres sont généralement incolores, qu'en beaucoup de cas ils manifestent à n'en pas douter des mouvements spontanés de translation, qu'ils se multiplient par division et qu'ils vivent tantôt isolés, tantôt groupés au sein d'une masse muqueuse ou gélatineuse.

II. La question est longtemps restée douteuse, de savoir si les Bactéries ont vraiment une structure cellulaire ou si elles ne sont que des bâtonnets solides. Déjà quand je fis connaître mes premières recherches sur ces productions (1), j'exprimai à cet égard une opinion fondée sur des observations certaines; les Bactéries, disais-je, ne font point exception au type cellulaire des autres êtres organisés végétaux; aujourd'hui, je puis confirmer cette appréciation; les Bactéries possèdent une paroi et un contenu hétérogène. Quand ce contenu, qui est un *plasma* transparent, se coagule en partie, comme il arrive parfois, ou disparaît, il est remplacé par de l'air qui dessine précisément la forme de la cellule bactérienne normale; c'est alors qu'on demeure parfaitement convaincu de l'exactitude de ma manière de voir.

III. Les dimensions des Bactéries ont souvent été mesurées, pourtant ces mesures sont presque sans valeur, car la petitesse de ces êtres est fréquemment telle que leurs proportions en longueur ou en largeur sont comprises dans les limites des erreurs possibles d'observation, et de plus les Bactéries d'inégal volume, comme il s'en trouve souvent dans le même liquide ou sur le même *substratum*, offrent entre elles des individus qui servent de transition des plus petites aux plus grandes. Cette considération m'a déterminé à négliger tout à fait les désignations d'Ehrenberg et la méthode essentiellement différente de Dujardin, j'ai préféré partager les Bactéries linéaires baculiformes en trois catégories principales, laissant à part les Bactéries-Monades.

Mon premier groupe est celui des *Microbactéries* (fig. 1), qui a pour type le *Bacterium Termo* d'Ehrenberg (*Mém.*, 1830) (2).

(1) Voyez la *Botanische Zeitung* de Berlin pour l'année 1863, p. 304.

(2) *Vibrio Lineola* Ehrenb. *Infus.*, 1838, p. 79, pl. V, fig. 4; *Bacterium Termo* Dujard. (*Zooph Infus.*, 1841, p. 212, pl. I, fig. 1), forme à laquelle je rapporte aussi le *B. Catenula* du même auteur (*loc. cit.*, fig. 2). Cette Bactérie se retrouve sous le même nom dans Perty (*Kenntn. d. kleinst. Lebensf.*, 1852, pl. XV, fig. 33-36) et chez la plupart des auteurs modernes, sous celui de *Zooglœa Termo* dans Cohn

Le second comprend les *Mésobactéries* (fig. 5), auxquelles appartiennent, suivant moi, les *Bacterium Enchelys* et *Punctum* d'Ehrenberg (*Infus.*, pl. V, fig. 2 et 3), son *Vibrio tremulans* (*ibid.*, fig. 5), puis les *Vibrio Lineola*, *Rugula*, *serpens*, *Bacillus* et *ambiguus* de Dujardin (*op. cit.*, fig. 3-7); c'est aussi là qu'est la place des Bactéridies de M. Davaine (*Recherches sur les Vibrioniens* [1]), et de tout ce que l'on qualifie généralement, après Gleichen, de *Vibrion* (*Vibrio Bacillus* Rabenh., *Fl. Alg.*, II, 7, av. fig.). Enfin il m'est arrivé une fois de rencontrer des *Macrobactéries* dans de l'eau miellée croupissante, mais exempte de végétation fongine. Ces trois groupes ont à peu près une égale ressemblance avec les *Leptothrix*, quand les Bactéries sont réunies en chapelets.

L'épaisseur des Bactéries, à quelque type qu'elles se rapportent, grandit proportionnellement à la longueur de chaque article isolé ou de chaque cellule ; cependant cette dernière dimension n'est nullement constante, car elle peut varier du simple au double pour la même largeur.

Le poids spécifique des Bactéries doit peu différer de celui de l'eau. Isolées ou associées en chapelets, on les voit tantôt reposer sur le fond des vases, tantôt flotter à diverses profondeurs dans le liquide qui les contient, et suivre tous les mouvements qu'on lui imprime.

IV. Les Bactéries se rencontrent toutes en deux états différents; elles sont agiles ou immobiles ; l'état de repos est aussi fréquent que l'autre, et l'on n'en saurait conclure, sans d'autres constatations, la mort des Bactéries qui le présentent. Jamais on ne trouve de Bactéries en mouvement, sans en apercevoir auprès d'immobiles ; celles-ci sont alors généralement privées de vie. Souvent aussi rencontre-t-on de grandes colonies ou groupes volumineux pleins de vie, et manifestement en voie d'accroissement et de multiplication, quoiqu'ils ne trahissent pas la moindre disposition à se mouvoir.

(*N. Acta Acad. N. Cur.*, XXIV, I, 1854, p. 118 et 246, pl. XV, fig. 9); c'est le *Vibrio Bacillus* de Wyman (*Sillim. Journ.*, 1867, sept., p. 159).

(1) Voyez la *Botanische Zeitung* pour 1865, p. 122.

Le passage de l'état agile à l'état de repos a naturellement lieu par la mort des individus. Si, dans une goutte d'eau pure dont on prévient l'évaporation, on place un nombre aussi limité que possible de Bactéries agiles, on verra leurs mouvements se continuer pendant un ou deux jours, mais pas davantage. Leur mort semble alors la conséquence d'un défaut de nourriture. Si l'on réitère cette expérience avec un liquide propre à leur nutrition, leur multiplication commence aussitôt, et il devient impossible de distinguer les individus mis en expérience de ceux qui sont nés postérieurement. Il m'est arrivé, en employant une quantité plus considérable d'eau corrompue d'infusion de viande, de trouver encore, après cinq mois écoulés, des masses de petites Bactéries très-agiles ; de longs chapelets s'agitaient même çà et là en serpentant. Dans l'eau miellée, j'ai pu, au bout de six semaines, reconnaître encore quelques Bactéries douées de mouvement, le liquide offrant une réaction acide assez prononcée.

L'immobilité ou la mort des Bactéries peut aussi être déterminée par un empoisonnement avec le chloroforme, l'iode ou une autre substance, et aussi par l'asphyxie. Ces petits êtres ne peuvent vivre sans air, je veux dire sans oxygène ; si ce gaz leur manque, ils cessent de se mouvoir et ne se multiplient aucunement. Une goutte liquide pleine de Bactéries est-elle déposée sur une lame de verre, puis recouverte d'une lamelle plus mince, alors les Bactéries agiles se rapprochent toutes peu à peu des bords de cette lamelle, et c'est là qu'au bout de quelques jours, après la mort successive du plus grand nombre, on en trouve encore quelques-unes douées de vie et de mouvement. Si une semblable préparation est à la fois protégée, par un lut imperméable(1), contre la dessiccation et contre l'introduction de l'air atmosphérique, tout mouvement parmi les Bactéries a déjà ordinairement cessé au bout de deux minutes, pourvu toutefois qu'aucune bulle d'air n'ait été emprisonnée avec le liquide. Quand, en

(1) On parvient au résultat désiré en enduisant les bords de la lamelle protectrice, d'abord avec de la cire fondue, puis avec un mucilage visqueux fait de gomme et de chlorure de calcium dissous dans l'eau ; ce mastic sèche vite; on peut y substituer avantageusement la laque à l'enduit de gomme.

effet, une bulle d'air a été retenue, si elle est, par exemple, du même volume que la goutte d'eau juxtaposée, alors le mouvement des Bactéries peut se continuer quelque temps; certaines d'entre elles s'agitent même pendant plusieurs jours, et l'on peut voir s'éteindre leurs dernières trépidations.

L'immobilité des Bactéries est aussi amenée par leur dessiccation. Des Bactéries complétement desséchées, seulement durant une minute, ne reprennent point leur agilité quand on les humecte. La température de l'eau bouillante les tue également lorsqu'elles sont humides.

Dans tous les cas précités, l'état d'immobilité des Bactéries n'est d'abord qu'une mort apparente, et si l'influence destructive ou nuisible à laquelle elles ont été soumises n'a été que passagère, cet état, pour plusieurs d'entre elles du moins, peut faire place à un renouvellement d'agilité. C'est ce qui a lieu, entre autres exemples, quand on expose les Bactéries à la chaleur de l'eau bouillante; elles y résistent très-bien jusqu'à un certain point, tout en conservant leurs mouvements. Un flacon contenant un liquide riche en Bactéries, et bouché d'un tampon d'ouate, ayant été chauffé, j'y pus observer encore des Bactéries agiles plusieurs jours après. Le même liquide, au contraire, étant versé avec un égal volume d'air, pour prévenir l'asphyxie des Bactéries, dans un tube de verre fermé ensuite à la lampe, puis chauffé jusqu'à 100 degrés, peu de minutes suffisent pour tuer sans retour toute la population des Bactéries. (Voyez la démonstration que j'ai donnée de ces faits dans la *Bot. Zeitung* pour 1863, p. 306.)

Enfin je dois encore noter chez les Bactéries un passage tout à fait normal de l'état vivant et agile à un état pareillement vivant, mais immobile, passage qui a lieu quand la végétation de ces corpuscules change de milieu ou de *substratum*; quand, par exemple, elle est transportée d'un liquide très-fluide dans une liqueur semi-fluide ou sur un corps simplement humide. Si l'on dépose à la surface d'une tranche de pomme de terre bouillie des Bactéries très-agiles prises dans du jus de viande corrompu ou dans tel autre liquide qu'on voudra, alors ces petits corps y forment d'épais pulvinules muqueux d'une couleur jaune oran-

gée ou ocracée. Le mucilage qu'ils excrètent les recouvre étroitement, et malgré toute l'énergie vitale dont ils sont manifestement doués, tous ou presque tous sont sans mouvement.

Qu'à l'état de repos des Bactéries puisse succéder un état agile, c'est ce qui ressort de la considération suivante. Les Bactéries qui flottent dans l'air sont toujours, quand on les voit sous l'eau, privées de mouvement ; cependant, comme je le montrerai plus loin, c'est bien à ces Bactéries de l'atmosphère qu'il faut attribuer le développement ubiquitaire de ces productions, de celles qui sont agiles aussi bien que des autres. Quant à la démonstration directe du changement d'état dont nous parlons, elle est entourée de difficultés presque insurmontables. En général, quand j'ai mis dans l'eau, pour les observer avec suite, des Bactéries immobiles, mais certainement vivantes, parce qu'elles étaient manifestement dans une phase de multiplication, ces Bactéries ne donnaient pendant les premières heures aucun signe de mouvement ; le lendemain seulement, quelques-unes commençaient de s'agiter. Mais on ne peut rien conclure de là, car l'intervalle de temps écoulé avait pu suffire pour l'introduction de Bactéries agiles venues du dehors ; et le résultat obtenu eût été identique, lors même qu'on eût mis en expérience des Bactéries vraiment mortes, ou même une substance organique quelconque sans aucune Bactérie visible. Il n'est guère possible de se mettre absolument à l'abri des spores flottantes de *Penicillium*, si la même préparation doit être observée itérativement pendant plusieurs jours. On ne saurait d'ailleurs recourir à un lut parfait, sans faire aussitôt cesser tout mouvement des Bactéries. En quelques cas rares, j'ai vu dans une préparation de mucus jaune bactériophore des individus agiles se montrer au bout de deux à cinq heures et grandir ; une semblable préparation m'a même fait voir de telles Bactéries après une ou dix minutes. Dans une autre circonstance, il a fallu cinq minutes ; j'observais alors du sang (étendu d'eau) emprunté au cadavre d'un malade mort de diphthérie, et ce sang était tout rempli de Bactéries. Une autre fois ayant mis dans une goutte d'eau, sous une mince lamelle de verre, une grande quantité de Bactéries

immobiles prises dans la croûte jaunâtre d'un petit fromage bien *fait*, laquelle fourmillait de ces corpuscules, j'ai constaté qu'au bout de vingt-quatre heures presque toutes ces Bactéries avaient quitté la région moyenne de la goutte d'eau, et s'étaient accumulées vers les bords de la lame de verre, évidemment attirées par l'air extérieur, et que là elles s'agitaient en tous sens d'une façon très-vive. Cependant, trois heures et demie après avoir fait cette préparation, je n'y avais point encore aperçu le moindre mouvement. Si, pour réaliser une expérience aussi précise que possible et pour écarter toute immixtion de corps étrangers, on asphyxie des Bactéries très-agiles, sous une lame de verre, par un lut imperméable, puis qu'une heure après on pratique des deux côtés des ouvertures dans le mastic pour permettre l'accès de l'air, les Bactéries ne redeviennent pas agiles, même au bout de vingt-quatre heures, comme je l'ai expérimenté deux fois ; peut-être l'air admis de cette manière était-il insuffisant. Une liqueur bactériophore vient-elle à être à moitié évaporée ou suffisamment concentrée pour que les Bactéries y aient perdu la possibilité de se mouvoir, si l'on humecte aussitôt ces corpuscules devenus immobiles, beaucoup d'entre eux redeviennent agiles en très-peu de temps. L'influence de la température paraît étrangère à ce phénomène, aussi bien que le changement de réaction chimique (acide, neutre ou alcaline) dans le transport des Bactéries d'un *substratum* sur un autre. On rencontre aussi parfois des Bactéries agiles dans les liqueurs les plus variées quant à leurs réactions chimiques. Je n'ai jamais vu le *Monas Crepusculum* redevenir agile après avoir cessé de l'être.

Le mouvement de la Bactérie simple est de deux sortes, en tant qu'on y peut distinguer le mouvement du corpuscule en lui-même et son mouvement de translation. Le premier consiste en une faible inflexion de la cellule baculiforme, comme le dit expressément Ehrenberg, mais il ne peut être observé directement et constaté sûrement que dans des circonstances rares ; on le reconnaît plus aisément chez les *Mésobactéries* que dans les autres formes de ces corpuscules. On peut conclure indirectement la réalité du phénomène d'inflexion dont nous parlons, de

ce que les Bactéries immobiles sont parfois courbées sur elles-mêmes (voy. fig. 1 *g*, 4 et 5*). Le mouvement de translation ou de déplacement est inégal dans sa vivacité, et semble quelquefois rapide comme l'éclair; il offre au plus haut degré le caractère spontané et libre; il a souvent lieu en droite ligne; il décrit aussi parfois des courbes et même des cercles en spirale, comme le vol du faucon.

Les plus longues Bactéries comme les plus courtes nagent semblablement sans tourner sur elles-mêmes, et elles se meuvent aussi bien en arrière qu'en avant; d'ailleurs il n'y a pas lieu chez ces corpuscules de distinguer une partie antérieure et une partie postérieure. On en voit très-rarement qui semblent bondir ou sauter. Il faut noter aussi, comme particulier, le mouvement de la Bactérie qui, fixée par un bout et libre par ailleurs, se tient debout, élevant en haut son extrémité libre; celle-ci qui semble un point, vue d'en haut, décrit des mouvements circulaires très-vifs à la manière de l'aiguille d'une montre. Le mouvement de la Bactérie simple, quand elle ne change pas de place, est un mouvement oscillatoire ou de balancement, et on l'a assez justement comparé à celui des poissons; pour M. Trécul c'est un mouvement de bascule.

Quand deux ou plusieurs Bactéries sont réunies en manière de chaînette ou de collier, leur mouvement, s'il est suffisamment lent, semble décrire des zigzags; plus rapide, il serpente ou ondule. Si le chapelet offre beaucoup d'articles, son mouvement est sensiblement ralenti. Parfois, il arrive que sa partie antérieure est seule agile et qu'elle traîne après elle le reste du chapelet comme une masse privée de vie; ainsi dans une chaînette composée de trois articles, l'article terminal d'un côté peut remorquer les deux autres devenus inertes. On rencontre aussi de temps en temps des chapelets assez longs entortillés ensemble et qui se meuvent en tournant sur eux-mêmes (fig. 1 *d*). Les grands chapelets, ceux qui ont plus de trente fois la longueur d'un article, sont toujours privés de mouvement.

Le mouvement des Bactéries n'a pas toujours les caractères normaux que nous venons de lui assigner, il ne semble pas

toujours un mouvement vital; assez souvent il est si faible qu'il faut beaucoup d'attention pour éviter une méprise. En ce qui touche la confusion facile qu'on en peut faire avec le mouvement purement moléculaire, j'ai déjà signalé les caractères qui l'en distinguent (1), et je n'ai pas l'intention de revenir spécialement sur ce sujet. J'ajouterai seulement ici que la cause du mouvement moléculaire est restée pour moi fort obscure (2). Les courants dus à l'évaporation du liquide ont probablement quelque influence sur le phénomène, mais ils ne le déterminent pas nécessairement, car même sous une lame de verre bien lutée le mouvement moléculaire persiste pendant des semaines, tout en s'affaiblissant peut-être insensiblement. Néanmoins, il ne prend pas fin dans un court espace de temps, à la manière des mouvements réellement vitaux, ce qui dans les cas douteux fournit un moyen d'assurer son jugement. Les Bactéries du lait offrent pourtant ici une exception qu'il faut signaler. Si l'on verse dans une éprouvette du lait frais, bouillant, à réaction neutre, puis par-dessus une couche d'huile de pavot de 6 centimètres d'épaisseur, quelques jours après le lait est complétement caillé, il est faiblement acide et n'exhale aucun gaz; on y trouve une innombrable quantité de Bactéries très-petites ou de moyenne grandeur, d'ailleurs fort inégales en longueur, et cependant le liquide doit contenir très-peu d'air. Les mouvements très-vifs de ces corpuscules prennent toutes les allures, depuis celle des Microbactéries relativement rigides, jusqu'à celle des plus grandes Bactéries courbes ou infléchies qui serpentent à la manière des Vibrions. Pour la forme et le volume, elles ne diffèrent pas des Bactéries que contient le mucus buccal et de celles qu'on observe communément dans le lait aigre. Si l'on renferme une goutte de ce lait entre deux lames de verre en lutant soigneusement les bords de la lamelle supérieure et en excluant autant

(1) Voyez la *Botanische Zeitung* de Berlin, pour l'année 1863, p. 305.

(2) D'après les opinions qui dominent aujourd'hui dans la thermo-physique, le mouvement moléculaire devra sans doute être simplement considéré comme l'expression visible de l'état liquide. Voyez, entre autres auteurs, Chr. Wiener dans les *Annales de Physique et de Chimie* de Poggendorff, t. CXVIII (1863), p. 85-91.

que possible toute bulle d'air, on constate qu'au bout de plusieurs heures les Bactéries se déplacent encore avec plus ou moins de vivacité; leur mouvement ne cesse absolument qu'après environ douze heures. Quand on laisse une goutte du même lait exposée à l'air sans la recouvrir autrement que par un gobelet de verre humide pour en prévenir l'évaporation, le mouvement des Bactéries se continue aussi pendant plusieurs heures, ce qui prouve que l'oxygène de l'air ne leur nuit pas comme on le présumerait. Après douze heures écoulées, les Bactéries étaient encore très-agiles.

J'ai cru reconnaître une des causes du mouvement moléculaire dans le gonflement des petits corps qui le présentent; d'ailleurs ces corps peuvent atteindre un certain volume, témoins les spores du *Mucor stolonifer* et les cellules de la levûre, les unes et les autres plus lourdes que l'eau. Peu importe que le gonflement dans l'eau conduise insensiblement à une dissolution effective et complète, à une simple macération ou à une saturation de la substance immergée par le liquide ambiant, auquel cas il suffit de peu de jours pour amener un repos complet et persistant. Cette interprétation ne saurait, au contraire, s'appliquer au mouvement moléculaire, pourtant très-vif, de certains corpuscules absolument insolubles dans l'eau, tels que les fines gouttelettes de beurre et plusieurs cristaux. On peut dire la même chose du mouvement des cellules de levûre dans la glycérine.

Quand les mouvements des Bactéries sont lents, il n'est pas toujours aisé de s'assurer qu'ils sont indépendants de celui du liquide dans lequel flottent ces corpuscules; il est rare, en effet, qu'en transportant la préparation à examiner, nue ou recouverte d'une lamelle de verre, sur la platine du microscope, on n'y détermine pas quelque agitation, quelque courant hydrostatique qui entraîne même les Bactéries inertes et les pousse d'un côté ou d'un autre, jusqu'à ce que ces petits corps rencontrent un obstacle quelconque, tel qu'un filament de *mycelium* ou les bords de la goutte liquide observée; là ils s'accumulent par milliers comme les feuilles que l'automne répand à la surface des ruisseaux, et que les branches qui y plongent arrêtent dans leur

course. Ce phénomène a fait croire à certains observateurs que les Bactéries et leurs analogues s'échappaient de l'intérieur de certains filaments fongins où elles se seraient engendrées aux dépens du *plasma*. Mais on remarquera que ces corpuscules se rangent aussi bien le long d'un fil de soie qui sera tombé par hasard sur le champ du microscope.

Enfin qu'on me permette de noter encore comme une cause d'erreur à éviter les mouvements qu'imprime involontairement au liquide des préparations la respiration de l'observateur; il en résulte effectivement un va-et-vient qui correspond au rhythme de l'inspiration et de l'expiration, et qui est moins causé, paraît-il, par le choc mécanique de l'air expiré que par la chaleur qu'il possède. On obtient un résultat tout semblable en approchant et en éloignant alternativement de la préparation observée un bâton de verre chauffé au feu ou tout autre corps doué d'une chaleur sensible. Le phénomène dont il s'agit serait donc un phénomène thermique. Il va de soi-même que toutes les causes d'erreur que je signale acquièrent encore plus d'importance si l'observateur fait usage d'un objectif *à immersion*, auquel cas, quand on recouvre l'objet étudié, la lamelle de verre employée flotte, plus ou moins, entre deux gouttes liquides; la préparation non recouverte est plus flottante encore.

V. *Habitus, aspect extérieur des Bactéries.* — Quand de grandes masses de Bactéries se trouvent réunies, elles deviennent visibles à l'œil nu ; seulement leur aspect varie beaucoup avec les circonstances extérieures. Si le liquide est limpide, ces corpuscules y déterminent généralement un trouble uniforme ; c'est, par exemple, ce qui a lieu pour l'eau miellée bouillie qui est restée quelque temps dans un vase de verre recouvert. La liqueur d'abord claire commence à se troubler au bout de un à quatre jours, suivant la température ambiante, et sans qu'aucune production de gaz ait lieu. Cette opacité naissante est due à des millions de Bactéries simples très-agiles et à une moindre quantité de petits chapelets de ces corpuscules. Tant de vies dans un étroit espace est un spectacle prodigieux, et cependant il suffit

d'un souffle pour l'anéantir. Après une ou plusieurs semaines, la liqueur miellée redevient limpide, mais elle est alors beaucoup plus acide qu'au début de l'expérience; toutes les Bactéries reposent immobiles (mortes?) sur le fond du vase, sous forme d'un dépôt blanchâtre et très-mince. Les mêmes phénomènes se produisent dans l'eau où de la chair s'est corrompue; ce sont les mêmes formations, mais la réaction de la liqueur est alcaline. Les Bactéries et le *Monas Crepusculum* se développent très-fréquemment dans les préparations microscopiques que l'on conserve humides; ces corpuscules y apparaissent souvent épars çà et là, et ils se refusent à une recherche facile, surtout s'ils sont privés de mouvements. En d'autres cas, ils forment des groupes et se condensent en de petits tas, comme c'est particulièrement la coutume du *Monas Crepusculum*. Ces agglomérations n'opposent pas de résistance à la plus légère pression, elles se décomposent aussitôt en corpuscules similaires remarquables par leur réfringence et qu'on ne saurait guère distinguer des granulations d'un détritus quelconque ou des granules de la caséine (fig. 19*a*). Parfois, et sans causes appréciables, le phénomène est autre, quoique dans un même liquide, si celui-ci est resté en repos plusieurs mois; c'est ce que montre une décoction très-étendue de colle forte et de sucre de canne, si par l'ébullition, sous un tampon d'ouate, on en a écarté toute végétation fongine. On obtiendra le même résultat de la décoction de foin ou de colle de pâte qui sont l'une et l'autre alcalines, de l'eau miellée qui est acide, etc. Au bout d'un certain temps, il se forme dans ces liqueurs, à diverses profondeurs, des troubles nuageux, qui imitent un *mycelium* aquatique très-délié, mais qui n'offrent cependant aucun appendice filamenteux. En versant la liqueur sur une lame de verre et en la laissant s'écouler avec précaution, on retient éparses sur le verre des bribes ou des gouttelettes de mucus incolores, inégales de volume et d'une faible cohésion. Elles sont faites de molécules mucilagineuses microscopiques remplies d'articles isolés ou de courts chapelets de *Monas Crepusculum* et de Bactéries, tantôt presque exclusivement de l'une ou de l'autre sorte de ces corpuscules, tantôt des deux réunies à peu

près dans la même proportion (fig. 8). Les articles, sans offrir de direction commune, mais également distants les uns des autres et non pressés, sont plongés, immobiles, dans un mucus incolore qui, comme il n'existait point avant eux, et ne se rencontre jamais sans eux, ne peut devoir qu'à eux sa formation. Il est digne de remarque que malgré la nature aqueuse du liquide où elles se trouvent, les Bactéries simples n'ont aucune tendance à se séparer les unes des autres, autrement on comprendrait difficilement l'accroissement continu des colonies muqueuses et compactes de ces corpuscules. Il ne m'est arrivé que très-rarement de voir dans l'eau ambiante des Bactéries agiles. La fuchsine dissoute dans l'eau vinaigrée, de même qu'une solution de carmin, colorent au bout d'un certain temps ces petits organismes en rouge intense, tandis que le mucus qui les environne reste incolore.

VI. Des Bactéries peuvent être retirées de liqueurs acides, neutres ou ammoniacales et cultivées sur un support humide, sans être absolument mouillé, par exemple, sur un fragment de pomme de terre bouillie, tenu renfermé dans un tube (*Dunstrohr*) comme celui dont j'ai conseillé l'emploi pour de telles expériences (1). Au bout de quelques jours on obtient ainsi une nouvelle colonie de Bactéries sous forme d'un mucus très-gluant, à peine divisible avec une aiguille, habituellement de couleur orangée ou ocracée, quelquefois partiellement teinté de violet ou de carmin. La structure microscopique de ce mucilage est identique avec celle dont nous parlions tout à l'heure (fig. 9 *b*); la réaction en est toujours légèrement alcaline, ce qui paraît dépendre d'une faible production d'ammoniaque, laquelle ne pouvant être attribuée au *substratum* employé, ne saurait l'être qu'aux Bactéries (vivantes) et aux Monades. La mucosité en question est sans odeur, jusqu'à ce qu'elle s'altère, encore est-elle rarement fétide; son aspect rappelle la matière du cerveau (fig. 9), elle recouvre son support d'une couche épaisse, vers le milieu, d'un millimètre au plus et assez semblable au *Thelephora*

(1) Voyez là *Botanische Zeitung* pour 1865, p. 348, fig. A.

hirsuta ou au *Thelephora sanguinolenta* quand ils sont humides; cette couche s'étale en perdant de sa consistance jusqu'à un centimètre autour de son centre. Si les circonstances sont favorables à son développement, quelques mois suffisent pour donner à ce mucus un volume égal à celui de son support; quand on l'en détache, ce qui est parfois facile, on trouve le fragment de pomme de terre légèrement modifié dans sa forme et son volume; sa couleur est devenue plus obscure, sa substance transparente et un peu molle. La masse mucilagineuse consiste surtout en Microbactéries isolées; elle renferme aussi des chapelets bactériens de six à dix articles, et le *Monas Crepusculum* dont les formes diverses sont inégalement réparties et semblent s'exclure réciproquement. Tous ces corpuscules sont ordinairement privés de mouvements spontanés, mais ils présentent dans l'eau une trépidation moléculaire très-vive; je n'ai point vu celle-ci, même au bout de quatre heures, se transformer en mouvements vraiment spontanés. L'ammoniaque ajoutée à la préparation n'y change absolument rien ; elle ne dissout pas le mucilage bactériophore. Ce n'est qu'exceptionnellement qu'on rencontre sur les fragments de pomme de terre employés des parties muqueuses plus fluides qui peuvent contenir des Microbactéries agiles. Ces fragments ne se dessèchent dans le tube à expérience qu'au bout de six mois et même davantage, encore que le tube ne soit bouché que par un tampon d'ouate. D'ailleurs leur dessiccation ne met point fin au développement des Bactéries. Celles-ci possèdent encore un mode de végétation que j'appellerai aérien (*Luft-Vegetationsform*), au moyen duquel leur accroissement arrive à un état définitif et permanent. Peu à peu, en effet, apparaissent des sortes d'îlots que vous diriez de craie blanche et qui rappellent le *Thelephora calcea*. Par suite de sa dessiccation complète, la substance de la pomme de terre devient dure comme de la corne ; ses cellules sont encore reconnaissables, mais jusqu'à une certaine profondeur dans les tissus, elles ne renferment plus de fécule solide ou dissoute ; elles ne contiennent qu'un détritus granuleux extrêmement ténu, doué de mouvement moléculaire et que l'iode colore en jaune, si la

matière est rendue acide ; on y voit aussi des *Bacterium Termo* et le *Monas Crepusculum*. La surface de ce *substratum* est alors comme recouverte d'un velours de filaments hauts d'un demi-millimètre et d'un blanc pur qui a toute l'apparence d'un *mycelium* très-ras ; mais ce velours est exclusivement formé de chapelets multipartis de *Monas Crepusculum* (fig. 20), de *Bacterium Termo* (fig. 1 *e*) et de Bactéries de formes intermédiaires (fig. 13). Ces chapelets s'élèvent librement dans l'air, simples pour la plupart, et aussitôt qu'ils sont mis sur l'eau, ils se dissocient et se partagent, soit en chapelets moindres, soit en articles isolés. Mais si onles humecte d'abord avec de l'alcool ou de l'éther, puis avec de l'eau, les chapelets persistent dans leur intégrité; ils ne se détruisent même pas par l'addition de l'acide sulfurique, sans doute par suite de l'état granuleux que l'alcool a communiqué au mucilage qui soude entre eux leurs articles constitutifs. L'iode seul ou l'iode employé après l'acide sulfurique colore, comme toujours, ces chapelets en jaune d'or. Ainsi par une culture artificielle sur le tissu de la pomme de terre, dans un tube approprié, on obtient du mucus bactériophore et des chapelets aériens de Bactéries.

J'ignore s'il y a quelque phase ultérieure de développement ; toutefois mes expériences les plus sûres ne m'ont jamais fait voir de Champignon tirant son origine des Bactéries. Ce n'est pas que dans le cours des cultures artificielles auxquelles je me suis livré, notamment pendant celle que j'ai faite des Bactéries du *sang de rate* (*vom Milzbrandblute*) et de quelques autres, il ne soit survenu des moisissures (fig. 10 et 11) dont les conidies imitaient parfois la forme et l'exiguïté des Mésobactéries; mais comme ces séminules ne formaient jamais de chapelets, comme d'autre part l'apparition accidentelle de tout autres Champignons, de *Penicillium*, par exemple, décelait bien évidemment une origine étrangère, la survenance, d'ailleurs très-peu fréquente, des moisissures dont je viens de parler ne m'inclina point à supposer entre elles et les Bactéries une connexion plus intime. Ces sortes de *mycelium*, d'après la place que la systématique leur accorderait, sont naturellement d'une nature très-douteuse. En étudiant la germina-

tion polymorphe et très-inégale du *Penicillium glaucum* (fig. 17), il m'a semblé rencontrer des cas (fig. 17 *d*) qui auraient peut-être fait soupçonner quelques rapports entre cette mucédinée et les Bactéries; mais il n'est pas douteux que de telles formes initiales appartiennent aussi à d'autres groupes de champignons. Ces formes eussent été rangées par les anciens mycologues parmi les *Sporotrichum*.

En ce qui touche l'analogie de forme des Bactéries avec les spermaties de beaucoup de Lichens et de Champignons, on ne saurait manifestement en tirer aucune conséquence. Inutile aussi de parler de la transformation supposée du *Monas Crepusculum* ou des Bacteries en levûre. Ces corpuscules n'ont pas plus de rapports réels ou appréciables avec les *Spirillum*. Si, comme je l'admets, le cycle formel de toutes ces productions est terminé ou épuisé, elles appartiennent aussi bien par leur structure que par l'histoire de leur développement aux organismes les plus simples, et sont, en effet, de tels organismes. Toutefois la simplicité de leur organisation les rapproche des Frustulies et autres Algues inférieures qui offrent aussi des alternatives d'immobilité et d'agilité. Il y aurait bien moins lieu de les comparer aux cellules de la levûre, car celle-ci rentre dans le type des moisissures les plus vraies, ainsi que je l'ai déjà démontré, et comme les observateurs s'accordent de plus en plus à le reconnaître.

VII. *De la forme des Bactéries.* — En général, on rencontre plus fréquemment des Bactéries simples ou isolées que des associations de ces corpuscules sous forme de chapelets. Les formes que j'ai eu occasion d'observer sont les suivantes :

1. *Monas Crepusculum* (Ehrenb., *Infus.*, pl. I, fig. 1).—Après l'étude attentive que j'ai faite de ce corpuscule, il m'est impossible de le séparer du groupe des Bactéries; d'abord il les accompagne presque toujours, et, d'un autre côté, j'ai vu maintes fois les chapelets bactériens ordinaires composés de bâtonnets, se partager en petits articles arrondis, tellement que ces articles ne pouvaient plus, par la forme seule, être distingués du *Monas Cre-*

pusculum; je dois pourtant ajouter que, en général, l'éclat des chapelets de *Monas* (1) est autre que celui des chapelets de Bactéries, tant dans l'air que dans l'eau, dans une bulle d'air saturée de vapeur aqueuse ou dans l'alcool. Les filaments bactériens ont un éclat verdâtre, les chapelets monadaires sont d'un brun pourpre. Les chapelets bactériens sont surtout flexueux (fig. 1 *e*); ceux des *Monas* plutôt rectilignes ou infléchis en courbes simples (fig. 20). En troisième lieu, les Monades opposent à l'action de la chaleur, comme aux influences asphyxiantes et destructives, exactement la même résistance que les vraies Bactéries. Enfin les Monades agiles, car il s'en rencontre de telles, quoique rarement, offrent le mouvement oscillatoire ou gyratoire qui appartient aux Bactéries. Les articles isolés du *Monas Crepusculum* sont ovales et dépourvus de cils, même quand ils sont vus sous un grossissement de 1700 diamètres et sous une lentille à immersion. Quand ils sont associés en chapelets, leur ordonnance affecte, ce semble, deux modes distincts; tantôt, en effet, les articles paraissent alignés longitudinalement, tantôt transversalement; parfois les deux arrangements coexistent dans le même chapelet (fig. 14). Il y a ici de nouvelles recherches à poursuivre.

2. *Bactéries.* — Les Bactéries simples ou isolées sont fréquemment d'inégale longueur et plus souvent encore d'inégale grosseur; elles sont cylindriques, rarement claviformes ou munies d'une sorte de tête, ce qui peut bien dépendre en partie de ce que l'une des extrémités ou toutes les deux à la fois seraient faiblement recourbées. L'épaisseur ou le diamètre transversal de ces corpuscules n'est pas même une chose constante et permanente, car il m'est arrivé une fois de reconnaître par un examen com-

(1) Dans l'ouvrage classique d'Ehrenberg, ces chapelets figurent sous les noms de *Vibrio Rugula* (pl. V, fig. 7), *Vib. subtilis* (fig. 6), *Vib. Bacillus* (fig. 9) et *Vib. prolifer* (fig. 8); l'illustre auteur les décrit comme des chapelets mobiles, mais d'ailleurs identiques; pour moi je n'ai jamais vu de ces longs chapelets doués de mouvement, et je ne saurais non plus dire à quelle espèce ils appartiennent précisément. Wyman parle aussi du mouvement d'un long chapelet (*Sillim. Journ.*, septembre 1867, p. 159, fig. 3). Ehrenberg dit d'une manière générale du *Monas Crepusculum* qu'il est très-agile, globuleux et carnivore (!).

paratif que des microbactéries du *sang de rate* s'étaient en vingt-quatre heures gonflées dans l'eau au point de paraître deux fois plus grosses qu'auparavant, sans cependant avoir sensiblement changé de forme. Quelques articles isolés étaient devenus faiblement capités aux deux bouts (fig. 6). Ayant donc égard à la présence simultanée, fréquente, tant de formes diverses que de formes intermédiaires, j'ai pu, comme je l'ai annoncé plus haut, désigner d'une manière générale ces corpuscules, d'après leur volume, par les termes de micro-, méso- et macrobactéries. Ehrenberg suppose que les bâtonnets isolés ou Bactéries simples, sont eux-mêmes composés de très-courts articles ayant pour diamètre le diamètre même du bâtonnet (*Infus.*, p. 79). Je ne puis ne pas contredire cette opinion que personne, d'ailleurs, n'a adoptée. Elle repose, en effet, sur une erreur causée par la coagulation du *plasma*.

Les Bactéries, quand elles sont associées plusieurs ensemble, sont toujours distribuées en séries ou chapelets dans le sens de leur longueur, et ceux-ci, le plus souvent, restent simples; de tels chapelets constituent les *Leptothrix* des auteurs, notamment les *L. buccalis*, *intestinalis* et autres que l'on observe dans les dents, les intestins, les crachats des phthisiques, etc. J'ai quelquefois rencontré ces mêmes chapelets certainement ramifiés (fig. 18), comme ceux des Monades que j'ai notés plus haut, car je me suis convaincu, en les faisant rouler entre deux verres sous le microscope, que leurs rameaux n'étaient point le fait d'une adhérence accidentelle; toutefois les Bactéries sont très-visqueuses et il n'est pas rare d'en voir de collées les unes aux autres pendant quelque temps, même sous l'eau et malgré leurs évolutions rapides; des sortes de luttes violentes résultent de ces adhérences fortuites (fig. 1, *c*). Il arrive aussi parfois que le même filament ou chapelet s'entortille sur lui-même, d'où peut naître l'apparence d'une ramification. Les Bactéries réellement ramifiées ne sont jamais agiles. Il est à noter qu'en certains cas, dans le lait par exemple et dans le sang charbonneux, on ne rencontre absolument que des chapelets sans rameaux, et qu'en d'autre milieux on en observe à la fois de tels et de ramifiés. J'en ai vu

de ramifiés dans de l'eau où un peu de levûre avait macéré, dans une décoction de foin qui s'était décomposée lentement, et dans beaucoup d'autres liqueurs. Je ne puis pour le moment assigner aucun autre caractère commun à ces divers cas, mais il serait trop long de les énumérer tous. J'ai encore reconnu la présence de quelques rares chapelets ramifiés parmi des filaments bactériens développés dans l'air à la manière de ceux du *Monas Crepusculum*.

L'accroissement, dans les chapelets principalement, est, autant que j'en ai pu juger, terminal, sans être exclusivement tel, et il est assez rapide (voy. la fig. 5 *d* et son explication). L'article qui grandit se multiplie par division, justement comme chez le *Monas Crepusculum*. L'article terminal, pour des raisons que je n'ai pu saisir, tantôt demeure adhérent, et il en résulte des chapelets vraiment gigantesques (fig. 5 *f*), tantôt, au contraire, se détache, soit en tombant simplement, soit en prenant un essor spontané. Dans ce dernier cas, qui est rare, l'article terminal sort brusquement de l'immobilité; il s'agite par un mouvement irrégulier de trépidation, puis rentre dans une immobilité parfaite pendant une demi-minute ou même plusieurs minutes, comme s'il se reposait réellement, et après quelques alternatives de cette sorte, tout à coup il s'élance, seul ou entraînant avec lui un ou deux autres articles, et il gagne le large.

Bien que es filaments ou chapelets soient constamment articulés ou cloisonnés, cette circonstance de leur organisation n'est pas toujours facilement reconnaissable; souvent les inflexions en zigzag du filament accusent manifestement une telle structure; quand elle semble douteuse, et même quand le filament est encore uniformément rempli d'un *plasma* homogène, plusieurs artifices peuvent déceler la présence des diaphragmes, la dessiccation, l'humectation réitérée, le traitement par des agents colorants, l'emploi du chlorure de calcium, de l'iode uni à l'acide sulfurique, de l'éther, de l'alcool, etc. Chez les individus âgés, morts depuis longtemps, on voit fréquemment certaines régions du filament entièrement dépourvues de *plasma*, de sorte que les

diaphragmes ne peuvent y être formés que par la paroi générale qui est excessivement ténue; quelquefois aussi le *plasma* se trouve condensé çà et là sous forme de nodosités, ou bien l'air finit par le dissoudre entièrement (fig. 12).

Le nombre des articles dans les filaments est tout à fait variable; il s'élève à plusieurs centaines chez les filaments ou chapelets les plus longs. J'en ai vu se former de semblables dans du sang charbonneux corrompu, dans le jus de la choucroute et autres liquides, parfois aussi sur le porte-objet même du microscope, dans des préparations recouvertes où avaient macéré des spores de *Mucor*, d'*Uredo*, etc.; en un mot, dans des circonstances où les liqueurs génératrices avaient été tenues en repos, tandis que dans les liqueurs qui fermentent on ne rencontre que de courts chapelets. Il y a encore ici beaucoup à observer.

Admettre qu'un corpuscule punctiforme ou globuleux puisse en s'allongeant devenir une Bactérie baculiforme est une opinion que les faits connus ne justifient pas encore.

VIII. C'est ici le lieu de dire quelques mots de ce que j'appellerai des *Pseudo-bactéries*, de ces corpuscules observés, si je ne me trompe, pour la première fois, par M. de Schlechtendal, dans les tubercules radiculaires du *Phaseolus multiflorus* (1) et que plus récemment M. Woronine a soumis à un examen approfondi (2). Les résultats obtenus par ce dernier s'accordent peu avec les observations que j'ai faites moi-même, au commencement du mois d'août, dans le *Vicia Ervilia*, des Lupins, le *Cytisus canariensis* et le *Vicia amphicarpa*. Chez toutes ces plantes les cellules dites bactériophores contiennent, en effet, une infinité de corpuscules qui par leur forme rappellent assez les Bactéries. Chez le *Vicia amphicarpa* les mêmes cellules renferment en outre des corpuscules assez différents des premiers, parmi lesquels il y en a de claviformes et de plus ou moins ramifiés et

(1) Voyez la *Botanische Zeitung* de Berlin pour 1852, p. 894.

(2) Voyez son mémoire *Sur les excroissances radiculaires de l'Aulne et du Lupin*, publié à Saint-Pétersbourg en 1866, et traduit dans les *Annales des sciences naturelles*, 5e série, t. VII, 1867, p. 73-86, pl. 6.

d'autres qu'on ne saurait distinguer du *Bacterium Termo ;* mais ces diverses formes se rattachent à la forme dominante par d'innombrables intermédiaires (fig. 15). Tous ces corpuscules n'offrent aucune structure celluleuse ni trace d'articulation ; jamais ils ne constituent de chapelets, tandis que les vraies Bactéries en offrent toujours quelques-uns. Chauffés dans l'eau, ils perdent la netteté de leurs contours, comme s'ils commençaient à se dissoudre, phénomène qui n'a jamais lieu avec les Bactéries sincères. Ils se colorent en jaune sous l'influence de l'acide sulfurique et de l'iode. Si l'on met une certaine quantité de ces mêmes corpuscules dans une goutte d'eau distillée parfaitement exempte de Bactéries et déposée sur un porte-objet préalablement rougi au feu (puis refroidi renversé pour qu'aucune Bactérie flottante dans l'air ne vienne à y tomber), cette préparation étant recouverte d'un verre mince également chauffé d'abord, et enfin conservée dans un appareil qui en empêche la dessiccation (*Dunstapparat*), on y découvre, dès le jour suivant ou un peu plus tard, des Bactéries agiles plus ou moins nombreuses, comme si les corpuscules bactérioïdes immobiles mis en expérience étaient devenus agiles. On s'étonne seulement devant ce spectacle que les formes principales ci-dessus signalées n'aient subi, pour le plus grand nombre du moins, aucun changement sensible et persévèrent plusieurs jours encore dans le même état; puis il ne faut pas oublier que neuf fois sur dix dans les expériences de cette nature et malgré tous les soins possibles, on trouve des Bactéries agiles tout à fait identiques, lorsqu'à la place des fragments de tubercules radiculaires en question, on emploie une matière organisée quelconque, de la chair cuite, du pain, du miel, des spores de champignons, un *mycelium*, etc. Les Bactéries flottent partout dans l'air de nos habitations, et nos méthodes actuelles d'expérimentation ne nous permettent pas de les éviter; de façon qu'il y a moins lieu de s'étonner de les rencontrer dans toutes nos préparations, que de ne les y point voir. D'ailleurs nous y trouvons également des êtres bien plus volumineux, tels, par exemple, que le *Monas Lens* Duj. (*Infus.*, 1841, pl. III, fig. 5; *M. Termo* Ehrb., *Infus.* pl. I, fig. 2), orné

de sa queue, et autres animalcules infusoires; les spores de Mucédinées font encore moins défaut, comme chacun sait. Je tiens donc la présence des Bactéries vraies observées par M. Woronine dans les tubercules radiculaires qu'il a disséqués, comme une circonstance tout accidentelle, et comme un phénomène consécutif à la décomposition et à la désagrégation du tissu parenchymateux de ces tubercules (1) lesquels n'ont été étudiés que vers le milieu du mois de septembre.

Je ne saurais rien dire de la nature réelle des *Amylobacter* de M. Trécul.

IX. *De l'origine des Bactéries.* — D'où viennent les Bactéries? Quand on prend le temps d'examiner avec attention une liqueur aqueuse quelconque, pourvu qu'elle soit impure et n'ait pas de qualités vénéneuses prononcées, on y découvre presque toujours des Bactéries agiles ou dépourvues de mouvement, aussi bien que le *Monas Crepusculum*. Il est vrai qu'il faut parfois une assez longue recherche pour constater la présence de ces corpuscules. Si l'on étudie de la même manière la poussière de nos habitations, celle qui se dépose sur les livres de nos bibliothèques, on l'agitera fortement avec de l'eau pure et le dépôt qu'elle y formera sera trouvé contenir des Bactéries isolées et le *Monas Crepusculum;* les Bactéries semblent en partie noires, parce qu'elles renferment de l'air.

M. Lemaire a aussi constaté la présence des Bactéries dans l'air en condensant par un refroidissement artificiel la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère de nos chambres. (Voy. les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LIX, 1864, p. 317-321 et 425.)

Comme les Bactéries prises dans l'air sont toujours immobiles, aussi bien, si je ne me trompe, que toujours simples ou à l'état d'articles isolés, il n'y a pas lieu de penser qu'elles soient nées dans l'atmosphère, et nous sommes forcés de chercher leur origine dans un milieu humide ou aqueux. On démontre aussi facile-

(1) Voyez le mémoire cité de M. Woronine, pl. II, fig. 15.

ment la présence des Bactéries dans le mucus nasal et la salive, mais elles peuvent y avoir été introduites par l'air respiré ou les aliments ingérés; le plus souvent elles y sont agiles. C'est également le cas de se demander si elles sont le fruit d'une génération spontanée, résultant de quelque transformation chimique des matières organiques sous des influences encore inconnues.

Mes observations sur les Bactéries sont à tous égards défavorables à l'hypothèse d'une génération spontanée. Non-seulement les expériences directes n'ont jamais donné que des résultats absolument négatifs, mais aussi toutes les observations ont conduit à des conclusions générales qui ne s'accordent pas dans cette hypothèse. Les opérations de la génération spontanée s'exercent, pense-t-on, de préférence sur les êtres les plus simples quoique très-résistants, sur des êtres en quelque sorte ubiquistes, tels que les Bactéries; or celles-ci même ont déjà une physionomie si distincte, des caractères morphologiques tellement précis dans leurs formes, leurs modes de développement et de multiplication qu'il nous faut absolument reconnaître que nous n'avons point là sous les yeux des formations rudimentaires, inconsistantes, dont avec le temps et des influences favorables tous les êtres imaginables pourraient sortir, mais bien des êtres nettement définis, constants dans leurs formes et qui n'ont pas moins que les êtres plus élevés qu'eux dans l'échelle organique et vivante des ancêtres et une postérité.

X. Malgré la haute portée de la thèse dont il s'agit, je m'en expliquerai ici brièvement, renvoyant à mes précédentes publications (1) le lecteur qui désirerait de plus amples informations. Je tiens d'ailleurs la question pour résolue aujourd'hui par des expériences irrécusables et spécialement par les suivantes que chacun peut facilement répéter et vérifier.

1. De l'eau miellée est renfermée avec un égal volume d'air

(1) Voyez la *Botanische Zeitung*, année 1860, n° 5; année 1863, n° 41; année 1865, p. 348; année 1867, p. 54; les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* de Paris, t. LX, p. 633, et t. LXIII, p. 929; les *Bot. Untersuch.* de M. Karsten, t. I, p. 341, et mes *Mykolog. Berichte* dans la *Botanische Zeitung*.

dans un tube de verre fermé à la lampe, puis plongé pendant quelques instants, une demi-heure ou environ, dans de l'eau bouillante. Nulle Bactérie ne se développe dans cette liqueur qui n'éprouve d'ailleurs aucune altération (*Bot. Zeit.*, 1863, p. 306). Cependant la quantité d'air renfermée est suffisante pour entretenir assez longtemps la vie d'une riche population de Bactéries, quand la liqueur n'a pas été chauffée, et celle-ci est en elle-même particulièrement propice au développement de ces petits êtres (1). Mais après l'ouverture de l'appareil d'innombrables Bactéries ne tardent pas à paraître.

2. Si l'on traite de la même manière du lait très-frais, on n'y trouve aussi, même au bout de deux ou trois ans, aucune Bactérie développée et ce lait demeure intact, absolument sans odeur et légèrement alcalin. Il y a également ici surabondance de matière alimentaire, la plus grande part de la caséine, comme on s'en peut assurer, est à l'état de dissolution complète; il y a aussi du sucre. Après l'ouverture du flacon, peu de jours suffisent pour faire apparaître des masses de Bactéries qui n'existaient pas au moment même de l'ouverture.

3. M. Wyman a démontré (2) que même l'ébullition ordinaire à l'air libre, pourvu qu'elle soit prolongée très-longtemps, produit les mêmes effets que l'ébullition en vase clos et sous la pression de la vapeur aqueuse. Cet expérimentateur faisait usage d'une infusion végétale qu'il soumettait à l'ébullition pendant cinq à six heures.

Remarque. A l'égard des Champignons dont la vie ne résiste

(1) J'ai même vu quelquefois dans l'espace limité dont je parle, la liqueur n'ayant pas été chauffée, se développer parfaitement une végétation fongine, entre autres celle du *Penicillium* qui se couvrit de fruits. Quand la liqueur a bouilli, on peut à peine supposer que le temps y amènerait un développement de Bactéries ou de Champignons, car, comme Gay-Lussac l'a montré, tout oxygène a disparu, même en l'absence d'un être organisé quelconque ; et plus récemment M. Pasteur s'est assuré que la végétation du *Penicillium glaucum* dans un espace clos y détruit ou consomme l'oxygène jusqu'à n'en pas laisser la moindre trace (voyez les *Annales de Chimie et de Physique* pour 1862, t. LXIV, p. 54).

(2) Voyez mes *Mykolog. Berichte* dans la *Botanische Zeitung* pour 1869, n. 14, art. 54.

pas à une température aussi élevée que celle des Bactéries, la preuve qu'ils ne naissent point d'une génération spontanée est plus facile à fournir, et si je ne me trompe, on admet généralement, du moins en Allemagne, que cette preuve a été faite d'une manière convaincante. Il y a pourtant des esprits qui doutent encore ; quelques adhérents de l'hypothèse Darwinienne croient malgré tout ne pouvoir se déprendre de la théorie que nous critiquons. Aucun de ces contradicteurs n'ayant, que je sache, montré d'erreur grave dans mes démonstrations, il m'est permis de ne pas tenir plus de compte de leur manière de voir que d'opinions purement personnelles. M. Nægeli tire de là la conséquence accoutumée et ses objections m'ont déterminé à entreprendre une série de nouvelles recherches dont je donnerai ici le résultat aussi brièvement que possible.

M. Nægeli s'exprime à peu près ainsi (1) : « De ce que dans une liqueur organisée, mise, après ébullition prolongée, à l'abri de toute nouvelle immigration étrangère, il ne se développe plus de Champignons, cela ne prouve point que de nouveaux Champignons ne puissent naître autrement que de Champignons préexistants. L'ébullition a sans doute détruit les Champignons qui pouvaient se trouver dans le liquide expérimenté, mais là n'est pas l'obstacle principal à l'apparition de nouveaux individus; l'obstacle véritable consiste en ce que la chaleur a rendu la substance organique incapable de subir les décompositions qui doivent entretenir la vie fongine. » Il y aurait donc là quelque chose de comparable au phénomène de l'albumine, si différente d'elle-même avant et après la coagulation. Ce dernier état pour l'albumine de l'œuf de poule atteint son maximum, d'après mes recherches personnelles, vers 67 degrés centigrades, et seulement vers 71 degrés, si l'albumine est dissoute dans un volume d'eau égal au sien (2). M. Nægeli est cependant d'avis que cette coagulation remarquable de l'albumine ne coïn-

(1) *Entstehung d. n. Art.*, 1865, ed. 2, p. 47.

(2) Voy. Pringsheim, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, t. II, p. 327, et les *Bot. Untersuchungen* de M. Karsten, t. I, p. 358.

cide pas nécessairement avec l'état permanent du même corps. On se demande sans doute à quel signe on reconnaîtra cet état permanent d'une liqueur ou d'une dissolution donnée, et même si en général un état pareil existe ; y a-t-il aussi un état instable sans organismes, en tant du moins qu'il s'agit non pas d'oxydations, mais de fermentations et de phénomènes analogues. Les vitalistes soutiennent que la transformation de la matière suppose nécessairement la coopération de quelque être organisé.

Chacun sait que MM. Van den Broek et Pasteur ont pu conserver sans aucune altération de l'urine fraîche et du sang frais, sans avoir fait bouillir ces liquides et en les mettant simplement à l'abri de tout protorganisme ; or, personne ne dira que de tels liquides sont naturellement dans un état stable ou inaltérable. Il faut remarquer en passant que le sang, l'urine, la bile, le lait, etc., sont des liquides qui peuvent être le plus justement regardés comme aussi absolument exempts que possible de toutes Bactéries, car ils ont été protégés et, pour ainsi dire, filtrés par des tissus vivants. Les sucs végétaux, au contraire, sont toujours rendus plus ou moins impurs par l'expression qui les procure. Si l'urine est fraîchement évacuée, une ébullition de dix minutes sous un tampon de ouate ou dans un matras à col tubuleux et recourbé suffit pour conserver ce liquide, une année durant, limpide, acide et sans altération aucune.

D'après tout ce qui précède, il faudrait à l'observateur employer des liquides dans lesquels l'ébullition ne déterminerait aucune altération reconnaissable. A cet égard, nous avons les expériences de M. Pasteur (1), où l'eau additionnée de cendres de levûre, de sucre et de tartrate acide d'ammoniaque, sans autre mélange de matière organique, donne naissance à une riche végétation fongine, quand elle est exposée à l'air. Cette expérience n'est pas absolument probante, dit M. Nægeli, car les nouveaux Champignons peuvent avoir puisé une partie des éléments les plus essentiels de leur nutrition dans les particules de protéine et les matières organiques de toute sorte que l'air a dû laisser tomber dans la liqueur. Si l'on interdit tout accès à l'air,

(1) Voyez les *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXIV, p. 106.

il ne se développe aussi aucun Champignon, parce que, poursuit notre auteur, les éléments nutritifs réunis artificiellement dans le liquide étaient en eux-mêmes insuffisants, mais non point parce que des Champignons ne peuvent apparaître là où il n'en préexistait pas.

J'ai aussi mis en expérience d'autres liqueurs telles que des décoctions de foin ou de pain, de l'eau de colle, avec ou sans addition de sucre et plus rarement de vinaigre ; mais bien que tous ces liquides soient, comme le prouvent des essais directs, éminemment propres à l'entretien de la vie des *Penicillium*, aucun Champignon ne s'y développe si leur ébullition a été suffisamment prolongée dans le récipient à tube recourbé que j'ai décrit autrefois (*Bot. Zeit.*, ann. 1860, p. 51), ou, d'après la méthode de Schrœder, dans un flacon fermé par un tampon d'ouate, l'accès dans les deux cas étant laissé à un air pur de tout corps organisé ; ces liquides n'éprouvent cependant par la chaleur aucune modification chimique connue.

M. Nægeli insiste : On détermine, dit-il, la température qui fait périr sans retour telle ou telle Mucédinée dans des liqueurs favorables à son développement; puis on chauffe ces liqueurs récemment préparées et pures de tout Champignon, jusqu'à cette même température destructive et on les met à l'abri des Champignons qui pourraient les envahir. Si dans ce cas la moisissure considérée ne reparaît plus à l'état vivant, si, au contraire, elle se produit dans une liqueur qui aura été moins chauffée, il en faudra conclure que dans cette dernière circonstance elle procède de parents qui ont survécu à l'action de la chaleur, et qu'elle n'est point le fruit d'une génération spontanée.

La question était sans doute ainsi bien posée, l'expérience à faire correctement indiquée; mais, comme il arrive trop souvent, cette expérience devait exiger beaucoup de temps, elle ne manquerait pas de difficultés et ses conséquences seraient peut-être à beaucoup d'égards incertaines. J'ai cru néanmoins devoir la tenter et son résultat est à mes yeux tout à fait positif.

Je choisis à cette intention de l'eau miellée bouillie, une solution aqueuse de colle et de sucre très-étendue, une décoction de

foin et autres liqueurs, et je les laissai découvertes de une à vingt-quatre heures, dans une chambre, pour qu'elles pussent recevoir les spores de Champignons que l'air y laisserait tomber. Je remplis ensuite de ces liqueurs, jusqu'à la moitié seulement, de petits tubes-éprouvettes, dont une moitié reçut des spores fraîches de *Penicillium glaucum* que je déposai avec un bâton de verre à la surface des liquides; je ne mis rien dans les autres tubes. Tous les récipients étant fermés avec un tampon d'ouate furent chauffés pendant longtemps au bain-marie à la température de 60 degrés et ensuite peu à peu jusqu'à celle de 100 degrés; mais à mesure que le bain atteignait les températures de 60, 62, 64 degrés, etc., j'enlevais successivement et mettais à part deux tubes, l'un ayant reçu des spores, l'autre n'en ayant pas reçu. L'examen du contenu de tous ces tubes a eu lieu après un temps de repos qui a varié de six mois à un an.

A part cette circonstance du temps à attendre qui n'exige que de la patience, l'expérience est exposée à une plus grande difficulté qui consiste en ce que, pour des causes inconnues, les spores que l'on a semées et celles-là même qui n'ont été portées qu'à une température modérée, ne germent pas à beaucoup près toujours et ne fructifient pas non plus constamment. D'après cela il est évident que là où rien n'a été semé et où nul Champignon ne se montre, cette absence de végétation fongine ne saurait être exclusivement attribuée, sans plus ample recherche, à la température subie par la liqueur ; ou autrement, ce défaut de Champignons n'est nullement une preuve que leurs germes ont été détruits par la chaleur employée. Inversement, si ces Champignons apparaissent comme spontanément, cela ne prouve pas qu'ils proviennent nécessairement des spores tombées de l'atmosphère pendant la préparation de l'expérience et à l'insu de l'observateur, car, de toutes ces spores adventives, il aurait pu n'en réussir aucune.

Une difficulté dans l'exécution de l'expérience gît en cela que les spores semées à dessein retiennent de l'air autour d'elles et nagent à la surface du liquide. Durant le maniement des récipients, il arrive souvent que l'oscillation de la liqueur porte

quelques-unes de ces spores sur les parois où elles restent adhérentes à 1 ou 2 centimètres au-dessus du liquide en repos; de sorte que pendant que l'on chauffe les éprouvettes, ces spores, qui ne sont pas mouillées, ne prennent pas la température du liquide mais seulement celle de la vapeur qu'il émet; or cette dernière température est toujours moindre que l'autre tant que l'on se tient fort au-dessous de la chaleur de l'eau bouillante, ce qui est le cas pour notre expérience. Il est vrai qu'en prenant les tubes je les agitais un peu pour mettre le liquide chauffé en contact avec les spores émergées, mais ce contact n'était jamais que momentané et n'a dû que difficilement produire l'effet que j'en attendais.

En cet état de choses le nombre seul des essais doit avoir force probante, en supposant, bien entendu, que ces essais sont d'ailleurs exempts d'erreurs; et si de fréquentes répétitions des mêmes expériences donnent constamment, dans les cas réussis, les mêmes résultats, si elles n'en donnent jamais de contradictoires, nous tiendrons le problème pour résolu. J'ai constaté, avec surprise, que la différence de nature et de composition des liqueurs citées plus haut et que j'ai employées n'exerce aucune influence reconnaissable sur le degré efficace de température. Dans toutes ces liqueurs, les spores de *Penicillium* sont tuées entre 76 et 83 degrés (1); cette dernière température peut être regardée comme identique avec celle qui détruit la vie dans les cellules de la levûre (2), puisque j'ai reconnu antérieurement que la température de 84 degrés a cet effet; or c'est le cas de se souvenir qu'une bonne part de la levûre n'est qu'une manière d'être particulière (*besondere Vegetationsform*) du même *Penicillium*. Là où l'on a chauffé longtemps la liqueur au-dessus de 83 degrés, jamais le *Penicillium* n'apparaît spontanément. Une seule fois, après avoir chauffé de l'eau miellée environ une heure et demie

(1) Pour la décoction de foin qui est neutre, la température destructive *minima* est entre 70° et 76°,30; elle est plus élevée pour l'eau miellée (neutre ou faiblement acide) et pour l'eau de colle additionnée de sucre de canne dont la réaction est neutre.

(2) Voyez mes recherches *zur Naturgeschichte der Hefe*, dans les *Bot. Untersuchungen* de M. Karsten, t. II, p. 358.

entre 85 et 87 degrés, j'y ai vu naître des Mucédinées autres que le *Penicillium*, le *Sporotrichum olivaceum* Rab. accompagné d'un *Stemphylium*. D'ailleurs le chiffre de 83 degrés que je mentionnais tout à l'heure ne doit pas être pris absolument, mais sous quelque réserve, il suppose au moins que cette température a été longtemps soutenue. Cette circonstance, dans les expériences comparatives dont je parle, n'a point de valeur contradictoire. Effectivement, la durée de la calorification et le degré de température se compensent jusqu'à un certain point, comme je l'ai montré ailleurs pour l'*Ustilago destruens* dont les spores humides sont tuées par une chaleur de 74° à 78°,5 centigrades continuée pendant une heure, et par une chaleur de 70 à 73 degrés seulement, si celle-ci est maintenue pendant deux heures (1). Il en est tout à fait de même pour la levûre qui étant humide perd sa vitalité par une température longtemps prolongée de 84 degrés environ, tandis que des cellules isolées de levûre peuvent survivre à la chaleur de l'eau bouillante si elles ne l'ont subie que cinq à dix minutes (2). Cette chaleur soutenue pendant une demi-heure les fait toutes périr absolument. Elles ne gagnent plus alors le fond de l'eau, comme c'est leur coutume, et si l'on en juge par l'abondance de l'écume qui surnage, elles ont perdu leurs éléments albumineux. On essaye très-simplement leur degré de vitalité de la manière que voici : On place un peu de levûre sur une lame de verre, on y ajoute de l'eau distillée ou de l'eau miellée et l'on recouvre le tout d'un verre mince dont on lute les bords avec un mélange de cire et de gomme laque; si la levûre est morte, elle ne donne naissance à aucune bulle gazeuse; si elle est vivante, au contraire, cette production de gaz a lieu avec une abondance croissante pendant plusieurs jours et peut aller jusqu'à faire éclater

(1) Voyez les *Jahrb. f. wiss. Bot.*, de M. Pringsheim, t. II, p. 327.

(2) M. Pasteur a vu de même résister deux ou trois minutes à la chaleur de l'eau bouillante un Champignon qu'il qualifie de *Mucor*, mais qui, d'après la figure qu'il en donne (pl. II, fig. 27 *c*, p. 79), paraît être le *Monas Crepusculum* (voy. les *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. LXIV, p. 47 et 63). Le même auteur cite (p. 92) un cas tout à fait analogue observé par Spallanzani, et qui paraît bien se rapporter à un vrai *Mucor*; ce cas même ne manque pas de valeur démonstrative.

le verre qui recouvre la préparation. Ce verre presse tellement les cellules de la levûre les unes contre les autres qu'elles deviennent hexagonales, et que leur association imite une sorte de parenchyme cellulaire. Quand on n'emploie que de l'eau pure, la fermentation est plus faible, cependant elle ne fait pas entièrement défaut, ce qui confirme l'expérience connue, que de jeunes cellules de levûre peuvent vivre un certain temps aux dépens de cellules plus âgées qu'elles obligent à fermenter, n'ayant pas d'autre aliment. L'examen microscopique fait voir alors réunies des cellules de levûre gemmipares devenues des chapelets rameux, à la manière des *Torula*, et des cellules mortes en partie détruites par une macération avancée (fig. 21 *a*). Si la levûre employée a été préalablement tout à fait privée de vie par l'ébullition, le phénomène de macération a lieu de la même manière, que l'air extérieur intervienne ou non; mais il n'y a ni germination ni développement gazeux, du moins si ce développement a lieu, ce n'est pas comme dans le cas d'une levûre vivante. Il se produit en effet toujours quelque gaz, même quand on n'a emprisonné, sous le verre mince, que de l'eau distillée sans rien autre chose; le gaz qui apparaît n'est alors que l'air d'abord dissous dans l'eau et qui devient libre, soit par suite de changements de température, soit surtout parce que l'eau est peu à peu absorbée par la matière cireuse du lut. Quelque attention suffit pour ne pas confondre ce développement apparent de gaz avec la production gazeuse plus réelle due à la levûre qui fermente; c'est ce que montrent des expériences comparatives. L'air n'apparaît dans le cas en question que beaucoup plus tard, souvent après plusieurs semaines, et seulement en petites bulles isolées; au moins il n'occupe point uniformément tout le champ du microscope, comme il arrive pour les cas de fermentation réelle. Il faut plusieurs jours aux bulles pour prendre la forme, le volume et la position qu'elles doivent ensuite garder sans modification aucune; tandis que les bulles de gaz d'une vraie fermentation s'accroissent rapidement, se confondent les unes avec les autres et ont bientôt envahi tout le champ visuel du microscope.

Quand on chauffe lentement la préparation au-dessus d'une flamme, en l'observant en même temps à la loupe, on se convainc que l'air atmosphérique qui apparaît bientôt est réellement emprisonné et sans communication avec l'extérieur. Si c'est d'eau bouillie encore chaude qu'on a fait usage, aucun gaz ne se montre. Quand l'expérience est continuée plus longtemps, quelques mois par exemple, l'air extérieur, par diffusion, s'introduit toujours dans les préparations au travers du lut qui les protége; car la cire de ce lut se mouille peu à peu et l'eau de la préparation passe par dessous.

Il semblera peut-être, à lire ces détails, qu'il est difficile de reconnaître l'origine diverse des bulles gazeuses dont nous parlons; avec la préparation sous les yeux toute distinction est facile et sûre.

Je ne saurais dire si la levûre privée de vie et d'autres substances organiques en macération développent toujours des gaz en se corrompant lentement dans une préparation microscopique lutée; un mélange d'air avec ces matières pourrait n'être qu'un accident. Ce qui a laissé des doutes dans mon esprit à ce sujet, c'est d'abord que les bulles gazeuses ne sont point au contact, ni même dans le voisinage des cellules de levûre mortes et en voie de macération, et en second lieu que l'eau distillée qui contient de l'air paraît en dégager autant que celle où macèrent des cellules mortes de levûre.

J'ai tenté avec le *Mucor stolonifer* des expériences de même sorte que celles faites avec le *Penicillium*, mais elles ont toutes complétement échoué, soit parce que je n'ai pas su choisir des milieux ou des *substrata* favorables au développement des spores que j'avais semées, soit parce que ce Champignon n'est pas à beaucoup près assez fréquent pour qu'on puisse espérer, avec quelque assurance, qu'il se sème de lui-même.

Le *Penicillium glaucum* est, au contraire, pour ainsi dire, ubiquiste. Je l'ai vu croître partout, si ce n'est sur les tissus vivants de l'homme, des animaux et des plantes. Dans l'huile de pavot suffisamment bouillie, ses spores vont au fond et périssent. A part ces exceptions, il réussit sur toutes les substances imagi-

nables, même sur des solutions étendues d'acide arsénieux ; je l'ai rencontré sur des os, sur l'encre, des liqueurs acides, neutres ou alcalines, la décoction de foin, l'eau miellée, les fèces de l'homme et du mouton, sur le lait, le vin, l'urine bouillie, sur le cadavre de mouches mortes à la surface d'une eau miellée et d'autres liqueurs, sur des rognons de veau gâtés, sur de la vieille colle humide dont les couches profondes étaient pénétrées par les filaments de son *mycelium*, etc.

Quand les hétérogénistes disent, comme on l'a entendu de quelques-uns, qu'ils ne sauraient renoncer à la doctrine de la génération spontanée lors même qu'à l'encontre de cette thèse toute preuve expérimentale imaginable viendrait à être fournie, parce que l'hypothèse des origines veut être acceptée catégoriquement, qu'elle n'est qu'une conviction personnelle en dehors de la science et de toute discussion ; je réponds que cette conséquence n'est pas obligée, qu'elle n'est aucunement nécessaire dans l'hypothèse Darwinienne ou toute autre théorie sur les origines des choses. Il serait plus court, à mon sens, d'admettre que la vie n'a point eu de commencement ici-bas, qu'elle y a toujours existé, aussi bien que la matière tellurique et les forces qui y sont attachées. Du moins, cette supposition ne contredirait aucun fait précis, ce qui n'est pas le cas pour la génération spontanée et ses opérations merveilleuses. Qu'on puisse ou non se figurer aisément, qu'on puisse ou non concevoir cet infini, ce manque de commencement et de fin, c'est une autre affaire. L'immensité du ciel étoilé, l'infini de la durée et des nombres ne se conçoivent pas davantage, et nous ne saurions pourtant ne les point admettre puisque ce sont des faits. Est-ce que nous imaginerions plus facilement un état du monde qui ne comporterait ni matière ni force active (1) ?

(1) Une remarque sera sans doute excusable à la suite de cet alinéa qui semblerait trahir une philosophie incertaine. La question des *générations spontanées* est assurément une de celles qui intéressent le plus la doctrine. Les meilleurs esprits ont toujours douté qu'on en puisse jamais obtenir expérimentalement une solution péremptoire et à l'abri de toute critique. Impossible de méconnaître une loi aussi générale et constante que celle qui préside à la continuité de la vie sur le globe, loi d'après laquelle la vie est un don reçu et transmis. Croire que cette loi s'étend aux êtres les

Il y aurait quelque chose de plus favorable à l'hétérogénie dans l'origine prétendue des Bactéries que l'on fait naître du *plasma* tant des spores que du *mycelium* de divers Champignons. On suppose en cela que la matière d'un être organisé qui vient de mourir possède encore un reste de vitalité au moyen duquel elle pourra, les circonstances aidant, fournir sous une forme nouvelle, une nouvelle existence. On étaye cette opinion sur l'observation qu'on a faite de la division du *plasma* et de la formation des zoospores dans les conidies des *Peronospora* et des *Cystopus*, les spores des Myxomycètes et le *mycelium* de l'*Achlya* (1). On interprète aussi comme favorable au même sentiment, que les Bactéries se rencontrent si habituellement mêlées à des granules divers, circonstance facile à comprendre pourtant d'après tout ce qui précède. Ces granules, en effet, se voient toujours dans les spores depuis longtemps immergées, ils y paraissent plus ou moins vite selon la température ambiante, au bout de deux ou plusieurs jours ou seulement après un plus long espace de temps; ils sont plus lents à se montrer dans une matière préalablement bouillie que dans une autre qui serait fraîche ou inanimée depuis peu de temps pour une cause quelconque; toutefois faut-il que la matière soit privée de vie ou sur le point de l'être par les

plus infimes de la création comme aux plus élevés, c'est évidemment adhérer à l'opinion la plus probable qui se puisse imaginer. Partant, supposer le contraire, et admettre une exception quelconque, fût-elle aussi limitée qu'on la voudrait faire, c'est une témérité que rien jusqu'ici n'autorise suffisamment. Cette imprudence peut cependant être commise sans compromettre aucune vérité; il suffit de subordonner toute manifestation de vie spontanée à la volonté de Celui qui seul possède la vie en lui-même et qui en est le maître souverain. A supposer même que la création de ce monde soit achevée, qui ne voit que sa conservation et le maintien de la vie à sa surface sont vraiment une création continuée ou toujours actuelle? Sous le bénéfice de ces réserves, la génération spontanée des infiniment petits n'est plus qu'une loi de l'économie générale de l'univers, et demeure une opinion à peu près indifférente. Il y a loin de là aux propositions qu'impliquent les suppositions plus ou moins agréées de notre auteur et dont il est superflu de faire ressortir la portée. (*Note du traducteur.*)

(1) On a aussi vu quelquefois les spores des *Mucor* éclater et répandre leur contenu plastique, mais aucun phénomène de subdivision ultérieure et de déplacement spontané n'a été observé. C'est aussi ce qui m'est arrivé avec des endogonidies que je cultivais sous l'eau et que je reconnus appartenir au *Penicillium glaucum*, car plusieurs d'entre elles produisirent directement cette Mucédinée.

circonstances qui l'entourent. On observe un semblable phénomène dans les sporanges des *Mucor* qui n'ont pas atteint leur maturité et que l'on écrase sous l'eau, dans la chair gâtée ou toute autre substance organique corrompue, dans les cellules de levûre privées de vie (fig. 21 *a*, I et II) et parfois aussi dans les spores de *Penicillium* germées mais mourantes et plongées sous l'eau (fig. 16); dans ces derniers exemples on voit assez souvent un corpuscule, plus rarement deux, qui s'isolent et sont vivement agités pendant plusieurs jours d'un mouvement de trépidation moléculaire (1). Tout *mycelium* quelconque privé de vie et plongé dans l'eau engendre de pareils corpuscules à l'intérieur de ses filaments et ces corpuscules peuvent s'échapper là où les parois des filaments sont le plus altérées et présentent déjà des lacunes. Ces granules n'ont jamais une forme commune et bien définie et ils sont d'inégal volume, double circonstance qui les distingue parfaitement du *Monas Crepusculum;* habituellement aussi on ne saurait les confondre avec de vraies Bactéries. Ils apparaissent aussi bien là où l'air n'a aucun accès (par exemple entre deux lames de verre lutées à la cire ou à la gommelaque) qu'à l'air libre, tandis que ni le *Monas*, ni les Bactéries ne peuvent vivre et se multiplier sans air. La macération sous l'eau n'exige ni air, ni oxygène, c'est le commencement d'une dissolution.

Les granules dont nous parlons, les soi-disant *Micrococcus*, ne sont, en effet, rien autre chose que des produits de désagrégation, des détritus organiques qui ne s'élèvent jamais à la dignité d'organismes nouveaux de quelque genre que ce soit; ils sont, si l'on peut ainsi parler, comme la fin de la mort, et non le commencement d'une vie nouvelle; de plus, ils ne possèdent jamais d'une manière certaine la faculté de se mouvoir spontanément.

(1) Pour se convaincre que ces corpuscules ne se déplacent pas réellement ou spontanément, il convient d'observer journellement pendant une semaine ou davantage une même cellule de levûre; et comme la préparation, après chaque examen, doit être replacée sous une cloche qui en empêche la dessiccation, comme aussi l'on ne saurait modifier le liquide de cette préparation, je m'aide pour retrouver plus facilement les petits corps à observer de lignes cruciales tracées sur le porte-objet de la manière que j'ai indiquée autrefois (voyez Pringsheim, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, t. II, p. 300).

Que des Bactéries se montrent ou non au milieu de ces corpuscules exposés à l'accès de l'air, c'est un pur effet de causes accidentelles, de même que la présence d'animalcules infusoires parmi eux ne saurait non plus tirer à conséquence, comme je m'en suis assuré par l'observation réitérée de portioncules isolées entre deux verres. D'après leurs caractères chimiques, ce sont tantôt des gouttelettes de graisse, tantôt un *plasma* muqueux ou des débris plus solides de substances organiques; ce dernier caractère est bien celui que l'on constate sur les parois brisées des cellules de levûre (fig. 21 *a* et 21 *d*). Il serait sans objet de développer ce thème davantage; il faut laisser à l'avenir à décider en un sens ou dans l'autre la question en litige; car il y a ici deux affirmations en présence. Qu'il me soit seulement permis de clore le sujet par une explication très-précise, en disant que relativement au point contesté mes observations personnelles ne m'ont pas laissé le moindre doute (1).

De tout ce qui précède je ne puis ne pas conclure que toutes les Bactéries, de quelque forme qu'elles soient, ne sont jamais

(1) Plus d'un lecteur remarquera qu'il s'agit encore ici d'une question toute de doctrine et dont on ne saurait attendre la solution de l'expérience pure. Sous peine de tout confondre et de renoncer à rien comprendre à ce monde et à nous-mêmes, il faut nécessairement distinguer deux choses dans un corps organisé vivant ; une force ou un esprit de vie qui en a réuni et ordonné les éléments matériels et qui constitue évidemment l'essence de l'individu ; puis ces éléments eux-mêmes qui ne peuvent être conçus qu'inertes et passifs. Si l'union de ces deux principes fait la vie de l'être organisé, leur séparation, c'est sa mort ; après quoi, il ne représente plus, pour employer le langage de la chimie moderne, qu'une association de *principes immédiats* abandonnés désormais à l'empire unique des forces physiques et chimiques qui commandent sans obstacle à la matière inanimée. Ou ces principes immédiats sont tels quels utilisés par d'autres êtres vivants, ou ils sont détruits et leurs éléments constitutifs sont rendus au monde inorganique. Mais on ne saurait supposer que des particules du cadavre, si exiguës et si subtiles qu'on les imagine, puissent d'elles-mêmes et par le fait d'une vertu intrinsèque, recommencer de nouvelles vies, puisque ce serait évidemment tomber dans la confusion ci-dessus indiquée et qu'il faut éviter à tout prix. D'un autre côté, qui autoriserait à croire que l'esprit de vie, qui jadis animait ce cadavre, dût obéir à une sorte de métempsycose complexe et rétrograde, pour se représenter à nos yeux multiplié à l'infini dans de nouveaux êtres tout différents du premier ? Il n'y a donc pas dans la seconde hypothèse, dont notre auteur discute ici la valeur, moins d'invraisemblance que dans l'hypothèse des générations spontanées.
(*Note du traducteur.*)

engendrées autrement que par des êtres de même nature qu'elles-mêmes.

XI. J'arrive maintenant à la partie la plus difficile de mon sujet, c'est-à-dire à la question de savoir quel rôle jouent les Bactéries dans le phénomène de la décomposition des corps organisés. Tous les faits connus montrent qu'un être organisé quel qu'il soit finit par mourir et se corrompre, aussi peut-on dès l'abord se demander si les Bactéries participent à la destruction de leurs semblables. A cette seconde question je n'ai point de réponse; il est certain pourtant que les cadavres des Bactéries se retrouvent encore dans les liquides où elles ont vécu, après deux ou trois ans, et lors même que l'air a librement afflué autour de ces liquides; le seul changement que l'on remarque en elles consiste dans une distribution ou concentration différente de leur *plasma*, et dans sa disparition partielle; quant aux parois, elles n'ont éprouvé aucune altération appréciable. La même permanence a lieu d'ailleurs en beaucoup de cas pour les spores des Champignons et les filaments de leur *mycelium*, après que la vie s'en est retirée; car ces corps plongés dans l'eau ne s'y détruisent et ne disparaissent souvent que très-lentement. J'ai observé encore que le lait, même quand on l'a conservé exempt de Bactéries et de toute coagulation (voy. *supra*), est loin d'être demeuré intact, du moins s'il en faut juger au goût sensiblement modifié du beurre. Sans aucun doute, il se produit une sorte d'oxydation continue de la substance organique, analogue à celle du fer ou du plomb, dans tous les cas en présence de l'air atmosphérique, mais aussi bien dans l'humidité (comme l'a prouvé récemment M. Karsten en démontrant une formation non interrompue d'acide carbonique), que dans un état complet de dessiccation. D'après cela, il n'y a lieu de parler ici que de ces formes particulières de décomposition qui peuvent être considérées dans le sens le plus large comme des phénomènes de pourriture et de fermentation, et qui supposent bien moins l'intervention d'une matière étrangère, comme l'oxygène de l'air, qu'une association nouvelle des éléments déjà existants. La

levûre qui, sans l'auxiliaire de l'air, décompose le sucre, offre un vrai type des phénomènes dont nous parlons. Ceux-ci diffèrent de la décomposition que subissent les matières alimentaires qui entretiennent la vie des animaux, en ce que, indépendamment d'une décomposition analogue (à laquelle l'urée entre autres corps doit sa formation), il s'y trouve une oxydation. La plante se comporte de même durant la période de sa germination, tandis que dans la plante adulte il y a sous l'influence de la lumière solaire une *réduction* qui, par le fait, a la plus grande analogie avec les phénomènes ci-dessus indiqués.

A l'égard de la participation des Bactéries à ces mêmes phénomènes de décomposition, je ne suis parvenu en beaucoup de cas à aucun résultat positif, ce qui, à vrai dire, s'accorde mal avec ce qu'on lit dans maint livre. Le fait est que les Bactéries vivent aussi bien dans les liqueurs acidifiées par l'acide acétique ou l'acide lactique, que dans les liqueurs alcalines (ammoniacales), et qu'on peut, en général, transporter ces corpuscules d'une liqueur dans une autre sans nuire aucunement à leur développement ultérieur. De plus, nous avons montré plus haut qu'ils sont tout à fait désintéressés dans la fermentation alcoolique ou productrice d'acide carbonique, bien qu'habituellement, si elle se prolonge, elle les voie aussi apparaître. D'autre part, il y a ce fait certain que les phénomènes de décomposition dont il s'agit sont très-facilement empêchés par la destruction des Bactéries; rien par exemple n'est plus aisé que de conserver sans altération et même avec les apparences de la fraîcheur, soit du jus de viande, soit de la chair crue, si l'on renferme ces objets dans un flacon avec de la vapeur de chloroforme (1), laquelle est pour

(1) Si l'on suspend un petit flacon de chloroforme, ouvert, dans le col d'un matras à moitié rempli d'eau où plonge de la chair pourrie, l'appareil étant ensuite hermétiquement clos, on constate au bout d'un ou deux jours que toute vie bactérienne a pris fin, bien qu'ici les dispositions soient aussi peu favorables que possible pour le contact de la vapeur du chloroforme avec le liquide corrompu. Quand la chair est immergée fraîche et crue, les circonstances précédentes étant les mêmes, la réaction, au plus fort de l'été, est encore neutre au bout de six jours, et il ne se montre ni Bactéries, ni *Monas Crepusculum ;* on ne trouve que des détritus de macération qui offrent, comme toujours, la forme de petits granules. Au bout d'un mois, toute la surface de la chair est boursouflée et comme floconneuse, elle est un peu décolorée et présente

les Bactéries un poison très-énergique. Là où la chair et le sang se corrompent, les Bactéries ne manquent jamais.

Peut-être serait-on dans le vrai en estimant que les Bactéries préparent la fermentation et la transformation des substances organiques, mais qu'elles ne déterminent pas la nature chimique spéciale de ces phénomènes, laquelle dépendrait plutôt de la substance elle-même et des circonstances ambiantes. C'est ainsi qu'une solution de sucre de raisin, sous l'effet de la multiplication des Bactéries, acquiert une acidité croissante, aussi bien quand les Bactéries s'y sont développées naturellement que quand elles y ont été artificiellement transportées, soit d'une liqueur acide analogue, soit d'un jus de viande corrompu. L'acidité croît dans cette solution jusqu'à ce qu'elle y agisse ou comme poison, ou comme cause d'asphyxie, et qu'elle apporte un temps d'arrêt au développement de la vie bactérienne; du moins, c'est ainsi que j'interprète les cas assez fréquents dans lesquels toute multiplication des Bactéries est suspendue, pendant que l'essai par la liqueur de Fehling accuse encore, soit une quantité notable de sucre non décomposé, soit la présence d'une portion de colle ou autre substance non employée. Dans le mode d'action des acides, de l'acide lactique comme de l'acide acétique, je décou-

les signes de la macération, mais on ne voit aucune Bactérie. L'intérieur de cette chair est encore aussi solide et tenace que le premier jour; la réaction est cependant devenue faiblement acide; le liquide sent le chloroforme; pas de trace de pourriture. Avec quelques gouttes de chloroforme j'ai conservé parfaitement intact pendant plus de deux ans un rognon de mouton dans un flacon hermétiquement bouché (voyez les *Bot. Untersuch.* de Karsten, t. I, 1867, p. 364). Huit gouttes de chloroforme suffisent pour conserver sans altération et même avec toutes les propriétés de la viande fraîche, deux onces de chair crue coupée en lanières et renfermée dans un flacon de la capacité de 4 $\frac{1}{2}$ pouces cubes. Mais cette chair n'est pas mangeable; même après être restée dix heures dans l'eau pure, elle retient encore un goût prononcé de chloroforme que la cuisson ne détruit pas. L'éther sulfurique ou le sulfure de carbone procurent le même résultat que le chloroforme. La créosote agit beaucoup moins énergiquement; employée en vapeur de la manière ci-dessus décrite, elle est même tout à fait inerte; en ce cas, la chair fraîche se corrompt comme à l'air libre, et l'on trouve au bout de quelques jours d'innombrables Bactéries très-agiles en compagnie du *Monas Crepusculum*. Comme les Bactéries ne sauraient vivre sans oxygène, il est présumable que la chair se conserverait bien dans une atmosphère d'acide carbonique et même qu'elle resterait mangeable.

vre aussi l'explication de ce fait que la viande plongée dans le vinaigre s'y conserve sans altération. De même, je suis convaincu que le sel n'a pas de vertu conservatrice parce qu'il soutirerait à la viande et aux autres matières l'eau qu'elles contiennent, mais parce qu'il est un poison pour les Bactéries. Lorsque, sans employer le sel, on prive par la chaleur une substance organique donnée de la moitié ou des trois quarts de l'eau qu'elle contient, c'est-à-dire d'une proportion d'eau plus forte que le sel ne lui en pourrait enlever, on ne prévient aucunement par ce moyen la corruption de la substance expérimentée. Mais que la propension à la corruption dans une matière organique soit en quelque sorte, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelle à la quantité d'eau que cette matière contient, c'est ce que pourrait expliquer la plus grande facilité offerte par l'eau aux Bactéries pour se propager et se porter rapidement d'un point sur un autre. L'action conservatrice du sucre raffiné et de l'alcool me semble analogue et pouvoir être comprise de la même manière.

Il est encore un fait, c'est que nos Monades et Bactéries, cultivées dans un tube clos sur un fragment de pomme de terre bouillie, donnent toujours naissance à un mucilage dont la réaction est alcaline, quelle qu'ait été la condition chimique ou la réaction du *substratum* auquel on ait emprunté ces Bactéries, qu'on les ait prises, par exemple, dans le mucus acide d'un vinaigre quelconque, dans le sang ammoniacal d'un homme mort de diphthérie, dans du jus de viande corrompu, de la levûre de vin, du jus de choucroûte, de l'eau de colle, etc.; et il importe de noter que dans tous ces milieux, si divers qu'ils soient, ce ne sont point des espèces différentes de Bactéries qui se rencontrent, mais bien des formes identiques de ces corpuscules, autant du moins que nos yeux le peuvent apprécier et qu'il est permis de tirer une conclusion certaine d'une dépendance génétique nullement équivoque.

Pourtant cette manière de comprendre le sujet ne suffit point à tous les cas. Ainsi, par exemple, dans une série d'expériences comparatives, conduites aussi exactement de la même manière que la chose était possible, j'ai trouvé qu'une liqueur bouillie,

contenant de la colle et du sucre de canne, étant chauffée à 82 degrés, puis conservée plusieurs mois dans des flacons fermés d'un tampon d'ouate, après avoir produit des légions de Monades et de Bactéries, est tantôt légèrement acide et tantôt faiblement alcaline, sans que les corpuscules bactériens aient plus abondé, ce semble, dans un cas que dans l'autre. Il convient de remarquer que ces expériences n'avaient donné lieu à aucun développement de Champignon ou de *mycelium*. Là, aussi, ne s'est pas confirmé ce que j'avais présumé, à savoir que suivant la prédominance des Monades ou celle des Bactéries, la réaction des liqueurs était alcaline ou acide. Effectivement, l'une et l'autre réaction s'observent dans les deux cas, même quand l'une des formes bactériennes domine au point d'exclure absolument l'autre, ce qui est une nouvelle preuve que ces formes sont étroitement alliées, si elles ne sont pas en un certain sens identiques. J'omets ici pour abréger, ainsi que je l'ai déjà fait jusqu'à présent, de donner la composition quantitative des liqueurs que j'ai expérimentées, cette précision ne servirait de rien, en effet, pour l'interprétation des phénomènes. Je dirai seulement que ces liqueurs ont toujours été très-étendues.

Il reste assurément beaucoup à faire dans ce champ de recherches; qu'il me suffise de résumer ici les plus sûres conséquences de mes observations :

La fermentation alcoolique développe de l'acide carbonique. Les Bactéries et le *Monas Crepusculum*, ne donnent lieu, par eux-mêmes, à aucune formation de gaz dans une dissolution sucrée; la levûre, au contraire, provoque ce développement gazeux, lors même qu'elle est absolument pure de toute Bactérie, comme on peut le constater, par expérience, sur le porte-objet même du microscope; il en est ainsi, circonstance encore plus probante, lors même que tout accès de l'air est interdit, ce qui détermine la mort des Bactéries, mais nullement celle de la levûre. Cette seconde expérience se fait aussi très-sûrement sur le porte-objet du microscope, la lamelle qui recouvre la préparation étant soigneusement lutée tout autour avec de la cire, de la laque ou de la gomme.

La contre-épreuve est simple et conduit au même résultat. Si l'on fait bouillir de l'eau miellée pendant une demi-heure, dans un vase fermé par un tampon d'ouate, on a par là tué les Champignons qui s'y trouvaient, mais non pas les Bactéries qui bientôt apparaissent en masse, troublent la liqueur, y déterminent des nuages de mucilage, et cela sans provoquer aucun dégagement gazeux. La levûre dans ces conditions ne se développe nullement.

Je profiterai de l'occasion qui m'est offerte ici d'exposer rapidement le résultat de mes dernières observations sur la levûre et la fermentation.

XII. On peut, d'un *mycelium*, obtenir de la levûre, et même de la levûre douée de la forme et de toutes les propriétés chimiques qui caractérisent la levûre commune ou normale (1). J'ai employé pour cette expérience le limon blanc qui s'accumule à la surface de la choucroûte mise en tonneau, recouverte d'un linge mouillé et chargée de planches et de pierres; ce limon est formé d'*Oidium Lactis* et autres *mycelium* analogues; il contient aussi des conidies isolées, dissociées, et qui ont tout l'aspect d'une levûre; cependant ces conidies zymoïdes (*hefeartige Conidien*) ne semblaient pas être alors dans une période active de gemmation, peut-être à cause de l'exagération de l'acescence. On ne trouvait non plus dans le limon en question ni capitules fertiles, ni même de spores certainement reconnaissables de *Penicillium*, de *Mucor* ou d'autres moisissures. Plongé dans de l'eau miellée, ce limon y détermine au bout de cinq jours, à la température de 9 à 15 degrés Réaumur, une fermentation manifeste accompagnée d'un dégagement régulier de bulles de gaz; après dix jours écoulés, le flacon tubuleux (2), long de $0^m,135$

(1) J'ai aussi observé directement le phénomène inverse, car j'ai obtenu un *mycelium* d'une levûre véritable, ainsi qu'on peut le voir dans mon travail sur la levûre publié dans les *Bot. Untersuchungen* de M. Karsten, t. I, pl. 33, fig. 9, 10 et 14. — (Les rédacteurs de la *Botanische Zeitung* doutent évidemment de l'exactitude de ces affirmations, car ils regrettent, dit M. de Bary, que l'auteur continue ici à confondre des choses qui sont enfin devenues assez claires.) (*Note du traducteur.*)

(2) Voyez pour cet appareil à fermentation la *Bot. Zeitung*, année 1865, p. 348, fig. B.

et large de $0^m,015$, était entièrement rempli de gaz qu'une lessive de potasse absorba entièrement. Au fond de l'éprouvette s'était déposée de la levûre normale. Dans le flocon de *mycelium* que j'y avais introduit, on ne pouvait découvrir trace de filaments fertiles de *Penicillium* ou autres moisissures. Au contraire, du nouveau sédiment de levûre cultivé en un tube approprié (*Dunstrohr*), naquirent le *Mucor Mucedo* et le *Penicillium glaucum* avec leurs fructifications normales. Cette expérience ne contient pas d'ailleurs de preuve absolument rigoureuse, puisque le *mycelium* aquatique essayé n'était pas entièrement pur de conidies désagrégées et analogues à la levûre; mais jusqu'ici, dans aucune circonstance, il ne m'est arrivé d'en rencontrer un parfaitement pur. Qui voudrait tenir ces conidies pour de vraie levûre, pourrait alléguer que dans la choucroûte, pendant ou avant la formation de l'acide lactique, durant la première semaine qui suit la préparation, il se produit une fermentation alcoolique; c'est ce que témoignent non-seulement la *montée* initiale de la matière avec production d'écume, mais encore la présence ultérieure du vinaigre et de l'acide lactique, et l'odeur vineuse de la choucroûte, circonstances qu'il faut attribuer à une oxydation de l'alcool. Du liquide spumeux qui déborde et se trouve rejeté, il naît sur les parois du tonneau et à terre une grande abondance de *Mucor Mucedo* Fres. A la fin de l'hiver le jus exprimé de la choucroûte ne donne plus aucun signe positif de fermentation. Au mois d'avril pourtant l'épreuve par le réactif de Fehling montre qu'il y aurait encore assez de sucre dans le liquide pour qu'il continuât de fermenter; ce qui s'y oppose sans doute c'est son acidité exagérée, car généralement une trop forte addition d'acide coupe court aussitôt à toute fermentation. Des observations réitérées ont mis pour moi hors de doute que les conidies dont j'ai parlé plus haut s'étaient réellement détachées du *mycelium* qui les accompagnait, puisqu'on les y voyait souvent adhérer encore, qu'il n'y avait, au contraire, nul motif pour les regarder comme des spores gonflées ou des corps directement émanés de ces spores.

Le fait suivant peut servir à combler les lacunes de la démons-

tration précédente. Un grand nuage de *mycelium* s'était développé dans une faible solution de colle et de sucre additionnée d'un peu de vinaigre, il était entièrement immergé un peu au-dessous de la surface du liquide, et l'examen microscopique n'y avait montré que des traces éparses de graphiospores (*Pinselsporen*) de *Penicillium*, mais nulle conidie zymoïde ; je l'employai comme ci-dessus pour déterminer une fermentation et j'obtins exactement le même résultat. Les bulles de gaz ne sortirent point du *mycelium;* la fermentation terminée, il se trouva au fond du vase, avec la levûre ordinaire, une levûre globuleuse (*Kugelhefe*) identique avec celle qu'on obtient du *Mucor*. (Voy. mes *Icon. analyt. Fung.*, pl. XX, fig. 14.) Il y avait donc eu, au sein de l'eau sucrée et en l'absence de l'air, production supplémentaire, par le *mycelium* employé, de conidies ou cellules zymoïdes.

Dans cet exemple de fermentation et autres semblables, les bulles gazeuses ne procédant point, sinon pour une part insignifiante, du *mycelium* immergé, bien que celui-ci soit en voie d'accroissement, cette production gazeuse semble plutôt liée au développement de la levûre, des conidies et des gemmes, en sorte que c'est pour nous une preuve remarquable qu'une même plante, suivant son mode de végétation, déterminé par des circonstances extérieures variables, tantôt décompose le sucre et tantôt ne le décompose pas. L'explication de ce fait devra être l'objet de recherches ultérieures. A titre d'analogie, il faut rappeler ici que le *Penicillium* ne donne ses tiges fertiles accoutumées et ses chapelets de spores que dans l'air, qu'il n'en produit pas dans un milieu privé d'oxygène, dans l'acide carbonique par exemple, qu'il est habituellement stérile ou presque stérile, s'il est plongé, même à une faible profondeur, dans un liquide quelconque ; tandis qu'au contraire les conidies qui naissent du *mycelium*, de même que la levûre, s'engendrent parfaitement dans un espace privé d'air et dans l'acide carbonique. De même les spores du *Penicillium* ne germent pas si l'air leur fait absolument défaut (dans l'eau, sous une lame de verre lutée). Le Champignon se comporte donc chimiquement d'une manière

toute différente suivant le mode de sa végétation et le milieu ambiant. Toutes ces remarques s'appliquent encore plus exactement au *Mucor* (1).

D'ailleurs la production et la dissociation de cellules zymoïdes, la gemmation et la formation de conidies, sans développement simultané de *mycelium*, ne sont pas des phénomènes qui ne se puissent passer que sous l'eau; on les peut observer aussi sur un corps humide, par exemple sur un fragment de pomme de terre. Dans cette condition, la levûre elle-même continue pendant plusieurs jours de se multiplier à la manière ordinaire, avant de donner naissance à des filaments de *mycelium* et à des tiges fructifères. Il m'est arrivé quelquefois d'observer ce phénomène sur le support dont je viens de parler; là, des cellules sporomorphes se multipliaient par gemmation et désarticulation durant des semaines, sans arriver généralement à porter fruit avant de se dessécher.

En somme, il ressort certainement des expériences précédentes qu'on peut obtenir de la levûre d'un *mycelium* encore dépourvu de spores, que la levûre ne procède pas nécessairement ou exclusivement de spores proprement dites, et qu'elle n'est pas non plus une forme de spores anomale ou atypique, ce que semble aussi montrer son mode de gemmation qui imite les chapelets de spores du *Penicillium;* en réalité, j'ai déjà obtenu abondamment de la levûre par la culture de ces graphiospores pures de tout mélange. Une forme tout à fait analogue, la levûre globuleuse (*Kugelhefe*), telle que je l'ai obtenue du *Mucor*, montre que la ressemblance des chapelets de la levûre avec ceux formés par les graphiospores du *Penicillium*, est sans autre signification morphologique; car les spores du *Mucor* sont tout différemment arrangées entre elles, et pourtant elles peuvent donner une levûre en chapelets. La chose est même essentiellement autre. La levûre est une forme spéciale, parmi les conidies produites par désarticulation; ainsi, chez les *Mucor*, elle naît

(1) Voyez à ce sujet le mémoire de M. Van Tieghem sur la fermentation gallique (dans les *Annales des sciences naturelles*, 5e série, t. VIII, 1867, p. 210) que j'ai analysé dans mes *Mykol. Berichte*, XIV, n. 59 (*Bot. Zeit.*, t. XXVII, 1869, p. 380).

du *mycelium* (1), et il en est de même chez le *Penicillium* dont les graphiospores sont, si l'on peut ainsi parler, des conidies zymoïdes aériennes; la levûre est aussi, si l'on veut, une forme aquatique des conidies aériennes ordinaires et des graphiospores; mais celles-ci n'ont aucune ressemblance physiologique avec les vraies spores telles que celles qui naissent dans les vésicules ou conceptacles des *Mucor*.

XIII. Un tube courbé en forme d'U étant rempli d'eau miellée en fermentation, un courant électrique constant, celui d'un élément de la pile de Bunsen ou de un à six éléments de la pile de Daniell, peut traverser la liqueur pendant deux ou trois jours sans exercer d'influence appréciable sur le phénomène de la fermentation, tandis que le même courant passant au travers d'une dissolution aqueuse de colle d'amidon, additionnée d'iodure de potassium, la colore en peu d'heures en bleu foncé. Après dix minutes d'action, il est encore sans influence visible sur la distribution du *plasma* et des vacuoles dans les cellules de la levûre, même quand les deux électrodes sont mis sur le porte-objet à proximité de cellules bien vivantes et pourvues d'une vacuole très-distincte; son action prolongée ne modifie pas non plus le phénomène de la gemmation. Je n'ai pas obtenu plus d'effet du courant voltaïque d'induction, interrompu, en usant de l'appareil de Dubois et d'un élément de Bunsen.

XIV. Aux types fongins que j'ai d'abord obtenus de la culture de la levûre de bière, et qui sont le *Penicillium glaucum*, les *Mucor racemosus* et *Mucedo* L., Fres., etc., l'*Oïdium Lactis*, l'*Acrostalagmus cinnabarinus* ou *Verticillium ruberrimum* (*mihi*, *olim*), les *Sporotrichum murinum ?* et *candidum*, et le *Polyactis vulgaris*, viennent s'ajouter aujourd'hui, d'après mes dernières expériences, plusieurs autres espèces. Sur la fiente bouillie du mouton, placée dans un tube approprié (*Dunstrohr*), j'ai obtenu une sorte de *Sporotrichum*, le *Cephalosporium Acremonium*

(1) Voyez mes *Icones analyticæ Fungorum*, pl. xx, fig. 10.

Cord. (Fresen., pl. XI, fig. 59) et le *Sporocybe byssoides* (Bonord., fig. 217; Rabenh. *Handb.*, p. 119, *sub Periconia*); sur la pomme de terre, j'ai vu se développer quelquefois les mucilages propres au *Monas Crepusculum* et aux Bactéries, avec ou sans *Penicillium*.

D'une moisissure qu'il qualifie de *Mycoderma Cerevisiæ* et qui ne pouvait se passer d'oxygène, M. Pasteur a obtenu de la levûre dans l'eau sucrée et sans l'intervention de l'air (*Jahresber. für Chemie*, pour 1862, p. 474). Ce prétendu *Mycoderma* n'étai probablement qu'une forme stérile de *Penicillium* et une moisissure alliée. J'ai obtenu moi-même de la levûre des mucédinées les plus diverses, telles que les *Penicillium*, le *Botrytis polymorpha*, les *Mucor*, etc. (voy. les *Bot. Untersuchungen* de M. Karsten, t. I, p. 345 et les *Comptes rendus de l'Acad. des sciences* de Paris, t. LX, p. 633). Tout récemment, j'ai vu sortir à la fois de la levûre de vin un *Penicillium* et probablement un *Mucor*.

XV. *De l'acide butyrique.*—Durant deux étés consécutifs et par les temps les plus favorables, j'ai à diverses reprises observé à l'état frais le *magma* où s'engendre l'acide butyrique (1); ce magma était préparé au laboratoire de chimie de l'université de Giessen et l'on en prenait à diverses profondeurs dans le vase qui le contenait. J'y ai toujours trouvé des Bactéries, ordinairement isolées, rarement associées en chapelets; généralement elles n'y étaient pas en grand nombre, souvent même il n'y en avait que fort peu. Deux fois seulement, huit et quatorze jours après la préparation du mélange fermentescible, je vis une grande multitude de Bactéries très-agiles, surtout à la surface de la liqueur; à part ces deux cas, je ne les ai rencontrées qu'immobiles, même au temps de la plus grande activité du développement gazeux.

(1) Pour préparer l'acide butyrique, ainsi que me l'apprend M. T. Engelbach, on dissout dans 384 grammes d'eau bouillante, 96 grammes de sucre de canne, et l'on y verse un demi-gramme de vinaigre, puis la liqueur est abandonnée à elle-même quelques jours; après quoi on y ajoute 4 grammes de vieux fromage délayé, avec 48 grammes de craie (lavée), dans 128 grammes de lait acide et écrémé; le mélange est alors tenu à une température de 30 à 35 degrés centigrades, et la fermentation butyrique ne commence au plus tôt qu'au bout de quatorze jours.

Pourtant, malgré cette immobilité, elles ne devaient pas être alors déjà privées de vie. Il y avait encore dans le mélange en question le *Monas Crepusculum* et des spores de Champignons germées, la plupart fort semblables à celles du *Penicillium*; je n'y vis aucune sorte de *mycelium* en végétation. Par la culture, sur des fragments de pomme de terre bouillie, des feuilles (cuites) d'ail, des rameaux succulents de *Robinia* également cuits, sur du pain desséché et autres substances renfermées dans des tubes spéciaux (*Dunströhre*), j'obtins des mucilages de Bactéries et de Monades, ou le *Penicillium glaucum*, plus rarement les deux choses à la fois ; car ces organismes s'excluent dans une certaine mesure. Une seule fois se montra le *Chætostroma Carmichælii* Cord. (Sturm, cah. IX, pl. 58, fig. insuffisante ; Hallier, *in Bot. Zeit.*, ann. 1866, pl. XIII, fig. 5, 6, etc.). Jamais les Bactéries ne furent assez abondantes pour m'obliger à voir en elles la cause efficiente de l'acide butyrique, quelque lien qu'il puisse y avoir d'ailleurs entre leur présence et la formation de celui-ci. Comme les spores de Champignon rencontrées dans le *magma* n'étaient pas germées, on ne saurait leur attribuer un rôle actif dans la fermentation butyrique. Il s'y trouvait au contraire, en assez grande quantité, des cellules zymoïdes occupées d'une manière très-active à se multiplier par bourgeonnement ou gemmation (*Sprossung*). Dans le beurre devenu rance et acide, je n'ai trouvé aucune Bactérie. Le résultat de mes observations paraît en opposition avec les conclusions de M. Pasteur qui attribue expressément la formation de l'acide butyrique à une forme particulière de Bactérie, à un *Vibrio*, en même temps qu'il annonce que ce vibrion est tué par l'oxygène de l'air (1). D'après mes expériences, au contraire, presque toutes les espèces de Bactéries que j'ai éprouvées sous ce rapport, et notamment celles de la chair pourrie aussi bien que les micro- et mésobacté-

(1) L'oxygène exercerait la même action asphyxiante sur les Vibrions qui déterminent la corruption du jus de viande et d'autres liquides ou matières analogues (*Comptes rendus*, t. LVI, p. 1190). A la surface de ce jus gâté se trouvaient, dit M. Pasteur, des Bactéries et parfois des moisissures, et celles-ci transportaient l'oxygène de l'air sur les produits de la putréfaction, fournis par les Vibrions, lesquels demeuraient dans les couches profondes du liquide, là où il n'y avait plus d'oxygène. L'au-

ries ou vibrions très-agiles du *magma* butyrique dont j'ai parlé plus haut, toutes ces bactéries, dis-je, meurent aussitôt que par un lut imperméable on empêche l'accès de l'air autour d'elles; et il n'y a réellement aucun motif pour regarder les Bactéries ou vibrions du *magma* butyrique comme essentiellement différents de tous les autres. Par le fait, l'acide butyrique se préparant communément dans un liquide qu'un dégagement continu d'acide carbonique et d'hydrogène fait bouillonner pendant un certain temps, il ne se peut que l'oxygène n'afflue pas sans interruption autour des corpuscules bactériens que contient ce liquide. M. Böhm (1), d'après un essai fait avec des feuilles corrompues sous l'eau, attribue aussi la formation de l'acide butyrique au ferment indiqué par M. Pasteur ; quant à la végétation fongine qui sans aucun doute a dû se produire en cette circonstance, il n'en est pas fait mention. On peut remarquer qu'au point de vue chimique, rien ne s'opposerait au sentiment de M. Pasteur, si la coopération nécessaire des Bactéries à la formation de l'acide lactique était une fois tenue pour démontrée : car la fermentation butyrique peut être regardée comme une fermentation lactique continuée (2).

M. Pasteur fait dépendre la fermentation mucilagineuse de certains globules réunis en chapelets qui semblent par tout leur aspect identiques avec les chapelets de *Monas Crepusculum* (fig. 20) que j'ai décrits plus haut (voyez *Jahresber. f. Chemie* pour 1861, p. 728, et le dessin publié dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* de Paris, t. LVIII, p. 148, fig. 10). Je

teur suppose possible une dépendance génétique entre les Bactéries et les Vibrions (*loc. cit.*, p. 1192). Il a dessiné son ferment butyrique dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* de Paris, t. LVIII, 1864, p. 150, fig. 13, 14 et 15. A mon sens, ces figures représentent des articles isolés et de courts chapelets de micro- et de mésobactéries ; la figure 13 contient en outre des corpuscules isolés de *Monas Crepusculum*.

(1) Voyez les *Sitzungsber. der wiener Akademie*, pour le mois de juillet 1866, t. LIV, II, p. 195.

(2) L'acide lactique se forme aux dépens du sucre de lait, sans oxydation, par pure transposition; la formation de l'acide butyrique avec l'acide lactique peut être regardée comme un phénomène de réduction; la formule de l'acide lactique est $C_6H_6O_6$, celle de l'acide butyrique $C_8H_8O_4$.

ne possède sur cette fermentation spéciale aucune observation personnelle.

XVI. *Du vinaigre.* — J'ai examiné à diverses reprises et séparément les appareils d'une fabrique de vinaigre qui marchait mal, c'est-à-dire dont le vinaigre était faible; je n'ai jamais eu l'occasion de visiter un établissement qui produisît de bon vinaigre. Le mucilage blanchâtre qui s'attache aux copeaux de bois employés contient des Bactéries (toujours immobiles), des *Leptothrix*, des *Monas Crepusculum*, des spores de Champignons, de la levûre en partie germée, des filaments vivants de *mycelium* (la distribution du *plasma* montrait en effet qu'ils végétaient), des *Anguillula aceti* vivants et des détritus sous forme de granulations. Ce mucilage cultivé dans un tube de verre, sur un fragment de pomme de terre, me donna des mucus bactério- et monadophores, puis le *Penicillium*. Après vingt-quatre heures de repos, du vinaigre très-fort et de bonne qualité laisse déposer un sédiment peu abondant qui n'est visible qu'au microscope, et qui tient en suspension les matières ci-dessus énumérées, bien qu'en moindre quantité; on y trouve aussi des Anguillules vivantes et éparses, des cellules zymoïdes, mais cependant nulle trace de *mycelium*.

Ayant égard à ces faits, j'incline, et en cela je suis vraisemblablement d'accord avec M. Pasteur (1), j'incline, dis-je, à attribuer la formation du vinaigre, par oxydation de l'alcool, à un *mycelium*, et tout d'abord au *mycelium* du *Penicillium*, mis au contact de l'oxygène de l'air, parce que ce *mycelium* dominait par son abondance au milieu des autres organismes concomitants, et qu'il était manifestement en pleine activité vitale, tandis que

(1) Voy. le *Bulletin de la Société chimique*, pour 1861, p. 94, reproduit par extrait dans le *Jahresber. f. Chem.*, pour 1861, p. 727; les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LIV, février 1862, p. 265-270, t. LV, p. 28, et le *Jahresber. f. Chem.* pour 1862, p. 475. D'après le dessin qu'a donné M. Pasteur de son *Mycoderma aceti* dans les *Comptes rendus*, pour 1864, t. LVIII, p. 142, fig. 1, cette production a toute l'apparence de chapelets mycéliques de fines conidies, comparables à ceux des *Hormiscium*; j'en ai vu de semblables, mêlés çà et là au *mycelium* ordinaire, dans le mucilage de vinaigre dont j'ai parlé tout à l'heure.

pour ce qui regarde les Bactéries en particulier, aucun mouvement spontané ne témoignait de leur vitalité, bien que les résultats des expériences de culture ci-dessus rapportés attestent la présence certaine de ces corpuscules à l'état vivant. La participation de la végétation fongine au phénomène dont il s'agit est encore indiquée par l'observation que m'ont constamment fournie les fermentations alcooliques, à savoir que l'acide acétique s'y développe toujours dans la mesure que le *Penicillium* fructifié se multiplie à la surface de la liqueur qui fermente, phénomène évidemment corrélatif à l'accroissement du *mycelium* au-dessous de cette surface. Mon sentiment est également corroboré par l'expérience de M. Pasteur, dans laquelle une corde enduite de *Mycoderma aceti* (*mycelium ?*) transforme en vinaigre l'alcool affaibli qui glisse dessus, tandis qu'il n'en est rien si le *Mycoderma* manque. Pour ma part, je n'ai constaté qu'un fait, admis d'ailleurs par M. Pasteur, c'est qu'un certain degré élevé d'acidité semble suspendre la végétation du *Penicillium* ; alors cette moisissure persiste durant de longs mois sans changement appréciable, et sous la forme d'une couenne épaisse, à la surface du liquide qui reste acide. La levûre a toujours aussi une réaction acide ; si on la rend neutre, elle régénère l'acide presque aussitôt ; fortement saturée d'alcali, elle cesse de fermenter. L'acide de la levûre est l'acide acétique. Il est remarquable que cet acide en excès suspend à la fois la fermentation et la végétation fongine.

Ces faits, qui mettent hors de doute la part des *mycelium* fongins à la formation du vinaigre, semblent cependant contredits par les observations suivantes :

1. De l'eau miellée, bouillie, additionnée de jus de viande gâté et rempli de Bactéries agiles, est renfermée dans un appareil à fermentation ; au bout de trois semaines, ce liquide versé sur la main répand une odeur piquante et fugitive, il contient un acide, très-certainement de l'acide acétique, qui s'y est développé sans la moindre participation d'une végétation fongine quelconque, même microscopique ; cet acide n'a pu, ce semble, être produit que par des Bactéries.

2. Sur une décoction de foin demeurée en repos pendant un mois, et dont la réaction était faiblement alcaline, j'ai observé une fois un gros pulvinule de *Penicillium*, dont la partie mouillée n'offrait pas de réaction acide. Il est vrai que la base de ce pulvinule se renouvellant sans cesse, il pouvait y avoir une neutralisation continue. Le liquide contenait des *Monas Crepusculum* et des Bactéries agiles; son odeur était celle du foin, et n'avait rien de fétide.

XVII. *Du sucre mouillé* (*feuchter Zucker*). — Un pain de sucre est dit *mouillé*, comme on sait, lorsqu'il est humide par places, qu'il est grisâtre, qu'il ne rend pas de son quand on le frappe, et, pour tous ces motifs, il perd de sa valeur dans le commerce. En faisant fondre ce sucre dans l'eau, j'ai obtenu, par des décantations répétées, un dépôt très-faible, qui contenait, en même temps que des cristaux de gypse, des Bactéries, le *Monas Crepusculum*, des spores germées et non germées, et des filaments de *mycelium*. Cultivé sur le tissu de la pomme de terre, ce sédiment m'a donné du mucus bactério- et monadophore à réaction alcaline (1), dans lequel quelques bactéries étaient douées de mouvement, puis des spores de *Penicillium* en germination, le *Fusarium lateritium*, un *Sporotrichum*, le *Stysanus monilioides* (Cord., *Ic.*, t. II, fig. 72), l'*Echinobotryum parasitans* (Cord., *Prachtfl.*, pl. VIII, fig. 10) et autres Champignons filamenteux.

Je présume qu'un *mycelium* est la cause de l'hygroscopicité fâcheuse du sucre *mouillé;* on peut se rappeler à cette occasion que les pulvinules de *Penicillium*, qui végètent activement, absorbent une telle quantité d'eau que ce liquide est excrété à leur surface sous la forme de grosses gouttes de rosée. Le *Pilobolus roridus* et le *Merulius lacrymans* (*Hausschwamm*) sont aussi des exemples remarquables de cette excrétion aqueuse. De même, si l'on fait germer sur une goutte d'eau, protégée contre l'évaporation, un grand nombre de spores de *Penicillium*, il peut

(1) L'alcali contenu agit à froid sur une goutte d'acide acétique sans déterminer de trouble, et il ne disparaît pas par la dessiccation de la matière.

arriver que les filaments-germes absorbent toute la goutte, comme le ferait du papier brouillard.

XVIII. *De l'acide lactique.* — 1. *Du Lait.* — Le lait acide ne contient presque jamais que des Bactéries immobiles ; s'il en offre quelques-unes d'agiles, c'est seulement au début de son acescence ; ces corpuscules sont nombreux, relativement à l'abondance des *mycelium* fongins et des cellules de levûre gemmifères qui sont distribués dans toute la masse du lait, depuis la crème jusqu'aux couches inférieures du liquide. Toute cette végétation constitue l'*Oidium lactis*, qui est bientôt un feutre délicat, une sorte de velours, de la surface duquel se détachent incessamment des conidies. Plus tard apparaît en général le *Penicillium glaucum* fructifié, et de temps en temps aussi un *Cephalosporium*. L'*Oidium lactis* cultivé sur le tissu de la pomme de terre donne naissance au *Penicillium glaucum*.

S'il est conservé dans une chambre chaude, le lait, au bout de dix-huit jours environ, devient alcalin ; alors on y trouve une innombrable quantité de Bactéries agiles, les mêmes sans doute qui, jusque-là, étaient restées immobiles, du moins est-il impossible de les distinguer de celles-ci. La réaction alcaline devient peu à peu plus intense, et l'odeur caséeuse s'accuse de plus en plus. Il faut cependant que la liqueur soit chauffée pour que l'acide acétique y donne lieu à un nuage d'ammoniaque. Au bout de cinq semaines environ, le mouvement des Bactéries cesse pour la deuxième fois et probablement pour toujours, car il semble qu'on assiste à la mort réelle de ces corpuscules. Par la forme et la grosseur, elles imitent absolument les Bactéries qui se rencontrent dans le jus de viande corrompu, et il ne se peut qu'elles ne leur soient identiques. Deux à quatre gouttes de ce jus très-riche en Bactéries agiles et à réaction alcaline (avec développement d'ammoniaque) étant mêlées à un pouce cube de lait, on remarque que ce lait caille deux jours plus tôt que le lait pur, tenu auprès comme contre-épreuve (1), et qu'il atteint

(1) Je crois que cette observation donne la clef de l'explication que réclame encore aujourd'hui l'action de la présure sur le lait, dans la préparation du fromage.

aussi plus tôt que lui un haut degré d'acidité. C'est avec peine que dans le lait resté pur on rencontre quelques Bactéries isolées, au moment où l'autre lait présente dans le champ du microscope un nombre immense de ces corpuscules. De telles Bactéries sont généralement du plus petit volume, mais immobiles, sans doute à cause de l'exagération de l'acidité; elles sont faites chacune d'un ou deux segments et sont manifestement en train de se multiplier. De plus, elles sont tantôt immobiles et tantôt agiles ou, inversement, elles passent du mouvement au repos, suivant le développement de l'acide ou de l'ammoniaque, et aussi suivant les circonstances ambiantes. A proprement parler, le moment de la putréfaction de la chair vient après celui de l'acide lactique, bien que ce dernier soit court et mal précisé.

Quelque chose ressort évidemment de ce qui précède, c'est que dans le domaine des Bactéries, qui est aussi celui des Vibrions, on ne saurait désormais parler de ferments spécifiques, pas plus que dans l'histoire des levûres, après toutes les preuves que j'ai précédemment fournies.

Ainsi que je l'ai dit plus haut, le lait se conserve sans altération appréciable pour nos yeux, quand on le renferme avec un volume égal d'air dans un tube de verre étroit, fermé à la lampe et plongé dans l'eau bouillante pendant une à trois heures; plus cette immersion est prolongée, plus le lait prend une couleur rougeâtre. Si le lait était au début pur de toute acidité, il demeure tel un temps indéterminé, quinze mois au moins, gardant une réaction neutre ou alcaline et une parfaite fluidité; la crème s'isole et des traces de caséine non dissoute (1) se déposent au fond du récipient sous forme d'un sédiment fin et discontinu qui, examiné au microscope, se trouve composé de granules très-fins et à peine cohérents. La majeure partie de la caséine est complétement dissoute dans le lait, ainsi que le montre l'essai par l'acide acétique.

Si le lait expérimenté avait primitivement des traces d'aci-

(1) Cette portion de caséine est probablement déjà telle dans le pis de la vache (voyez Commaille, *Jahresb. f. Chem.* pour 1866, p. 713).

dité, il s'ensuit une coagulation proportionnelle de la caséine, naturellement peu importante et qui ne s'accroît pas avec le temps (du moins dans le cours de quatre années) ; le phénomène se produit lentement, il demande des semaines, et ne donne lieu qu'à de petits flocons sans compacité. Dans ces conditions, les Bactéries sont toujours mortes, on ne les voit qu'éparses, sans mouvement, exactement comme elles se rencontrent dans le lait communément vendu sur les marchés. Le lait tout à fait frais n'en présente aucune.

J'ai essayé sans succès d'appliquer ce procédé à la conservation pratique du lait. On conçoit que pour cet objet des vases de plus grande dimension sont indispensables, mais aussi, avec leur capacité, augmente la difficulté de chauffer convenablement leur contenu. Leur occlusion n'a pu non plus être obtenue d'une manière satisfaisante. J'employais des flacons fermés avec un bouchon de liége fortement enfoncé et recouvert d'une couche de 1 à 3 centimètres de soufre fondu. Le soufre ne fond, à la vérité, que vers 186 ou 187 degrés R., mais il se ramollit longtemps avant de fondre, et cela suffit pour qu'il ne procure pas une fermeture hermétique. Peut-être réussirait-on mieux, si pendant qu'on chauffe les flacons, on protégeait par un écran leur col ou leur ouverture, contre l'action de la vapeur de l'eau bouillante. En remplissant les vases jusqu'au bouchon et en interceptant absolument l'accès de l'air, on devrait empêcher le beurre de rancir.

J'ai traité de la même manière que le lait de l'eau dans laquelle j'avais émietté du pain ; les tubes de verre contenant ce mélange n'étaient remplis qu'à moitié, je les fermais à la lampe et les portais à des températures diverses, jamais pourtant jusqu'au point de l'ébullition de l'eau. Dans aucun de ces récipients il ne se développa un Champignon quelconque ; le liquide offrit constamment une réaction fortement acide, et une odeur faiblement aigrelette. L'acidité ne manquait que dans les tubes qui avaient été chauffés au-dessus de 84 degrés C.; la réaction y était neutre. L'examen microscopique ne fit découvrir que des Bactéries immobiles et peu abondantes; le *Monas Crepuscu-*

lum faisait défaut. L'air renfermé dans les flacons avait suffi au développement des Bactéries, et c'est à ces petits êtres qu'on peut bien attribuer l'acidification observée, laquelle était due à la présence de l'acide lactique mêlé peut-être à un peu d'acide acétique.

Si l'on pouvait chauffer du lait jusqu'à ébullition, dans un récipient fermé par un tampon de ouate ou terminé en manière de tube recourbé, l'air pouvant accéder, on devrait s'attendre à ce que les spores de Champignons qui pourraient exister dans le lait seraient tuées, tandis que les Bactéries seraient conservées intactes, puisque celles-ci résistent quelque temps à une pareille épreuve dans les liqueurs neutres ou alcalines; on s'imaginerait même avoir trouvé là une méthode pour expérimenter séparément l'action des Bactéries et celle des spores fungines. Malheureusement l'expérience est inexécutable, parce qu'en de telles conditions, l'air accédant librement, le lait se recouvre d'une pellicule, et par suite il monte et se répand hors des vases, de sorte qu'à proprement parler il ne peut bouillir tout entier; chauffé au contraire dans un tube fermé à la lampe, il ne s'enfle pas et ne forme à sa surface aucune pellicule. S'il est seulement chauffé aussi bien que possible sous un bouchon d'ouate, son acidification et sa coagulation sont très-retardées, mais ne manquent pas de se manifester; bientôt en ce cas se forme à sa surface une épaisse couche de *Penicillium glaucum* fructifié, ce qui prouve que la température qu'il avait subie avait été insuffisante pour détruire les germes de cette moisissure.

Dans une des expériences précédemment mentionnées, où un flacon imparfaitement fermé par un bouchon soufré avait été chauffé pendant deux heures, le lait, malgré la présence d'un égal volume d'air, ne se coagula peu à peu qu'au bout de vingt-trois jours; la coagulation était grenue ou en petits flocons et elle eut lieu en même temps dans les couches supérieures et inférieures du liquide; je trouvai là très-peu de Bactéries, comme il arrive d'ordinaire pour le lait encore faiblement acide, et quelques-unes d'entre elles étaient agiles, ce qui est rare

dans le lait; ces corpuscules étaient assez uniformément répandus dans toute la masse du liquide. Il n'y avait ni *mycelium*, ni autre trace de végétation fongine. La réaction était acide.

Une autre expérience de même nature donna lieu à la coagulation du lait au bout de six jours. Après soixante-trois jours d'attente le flacon fut ouvert, et, chose vraiment remarquable, malgré la réaction acide du beurre, du sérum et du caséum, je ne trouvai ni *mycelium* quelconque, ni même de Bactéries; si ces productions y existaient réellement, elles devaient au moins y être extrêmement rares et éparses.

Avec un autre liquide que le lait j'ai réussi, comme par hasard, à tuer les champignons, sans nuire aux Bactéries; le fait est tout à fait probant. L'eau miellée qui a été chauffée de 85 à 90° C. sous un tampon de ouate, devient parfois en quelques mois fortement acide; l'acide développé n'est pas appréciable à l'odorat, et, au contact de l'ammoniaque sur un bâton de verre, il ne produit pas de fumée, même étant chauffé et additionné d'acide sulfurique. A ces signes je présume que cet acide n'est autre que l'acide lactique. Dans ces circonstances, la liqueur contient le *Monas Crepusculum*, avec ou sans Bactéries; il y est très-abondant et forme des nuages de mucosités; les *mycelium* fongins font au contraire tout à fait défaut.

Je crois donc que nous avons des motifs légitimes pour regarder les Bactéries comme les auteurs du développement de l'acide lactique. Tel ne semble pas être cependant le sentiment de M. Pasteur, qui attribue à ces corpuscules la faculté de coaguler le lait par une réaction alcaline, l'acidification du même liquide étant probablement due à d'autres organismes (voy. les *Ann. de Chimie et de Physiq.*, t. LXIV, p. 60). M. Pasteur a donné dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* (t. LVIII [1864], p. 149, fig. XII) une figure tant du ferment lactique que de la levûre de bière et il trouve que le premier ressemble beaucoup à son *Mycoderma aceti*. Si je comprends bien ces dessins, ce prétendu ferment lactique consisterait en courtes mésobactéries et en *Monas Crepusculum* isolés, et il ne serait pas essentiellement différent de celui dont j'ai parlé plus haut. Cependant, pour ne

signaler qu'un motif de doute, on ne peut se dissimuler la faible proportion de ces petits êtres vis-à-vis de la forte acidification qu'ils produiraient. Il faut aussi remarquer que l'expérience de Gussander relative au beurre semble contredire notre opinion, puisque le passage de l'air au travers du lait retarderait son acescence (voy. A. Müller, *in Landw. Vers.-Stationen*, 1867, p. 37).

Je veux encore en passant noter un fait digne d'intérêt. C'est que durant les chaleurs de l'été il m'est arrivé deux fois de voir du lait laissé en repos monter et se répandre hors du vase qui le contenait, par le fait d'un développement gazeux intérieur et spontané; ce phénomène était manifestement l'indice d'une fermentation alcoolique comme celle qui a lieu pour le *kumiss* des Kirghises; la cause en est restée pour moi fort obscure. En général, l'acidification et la coagulation du lait ne donnent lieu à aucun dégagement gazeux. Au contraire, il y a alors consommation d'oxygène, ainsi que M. Pasteur l'a démontré (*Ann. de Chimie et de Physiq.*, t. LXIV, p. 59). Cet observateur a encore rencontré des Vibrions vivants et agiles dans une circonstance où l'air emprisonné contenait 17 pour 100 d'acide carbonique et seulement 8 pour 100 d'oxygène.

2. *De la Choucroute.*— La sorte de *crème* qui s'amasse à la surface de la choucroute conservée en tonneau, consiste en un *mycelium* blanc qui sur tous les points passe à l'*Oidium lactis;* on y trouve aussi des conidies zymoïdes, des Bactéries immobiles et le *Monas Crepusculum*. En cultivant cette matière sur le tissu de la pomme de terre dans un tube clos, j'en ai obtenu le *Mucor Mucedo* auquel l'*Oidium* ci-dessus nommé appartient surtout comme forme approchée (*Nebelform*) (1), le *Penicillium glaucum*, le *Stysanus Stemonitis*, le *Cephalosporium Acremonium* (Cord. *Icon.*, t. III, fig. 29), le *Fusarium lateritium*, un *Verticillium*

(1) Voyez mes *Icones anal. Fung.*, pl. XX, fig. 16-25. L'*Oidium lactis* n'appartient cependant pas exclusivement au *Mucor Mucedo ;* ainsi je l'ai vu, sur du pain humide, être le précurseur du *Penicillium,* sans que le *Mucor* s'y soit pour ainsi dire montré. Voyez aussi la figure 17.

blanc et des mucus bactério-et monadophores. Le liquide exprimé des couches profondes de la choucroute, de celles qui sont jaunes comme le miel, qui ont une odeur vineuse, aigrelette et presque caséeuse, renferme essentiellement les mêmes éléments, du *mycelium* en abondance, l'*Oidium* et des cellules zymoïdes. Ce liquide m'a donné par la culture en tubes clos le *Mucor Mucedo* et le *Cephalosporium Acremonium*.

On ne saurait trouver dans ces observations des motifs suffisants pour attribuer ou pour dénier aux Bactéries une valeur causatrice dans la formation de l'acide lactique de la choucroute. Si elles ont, en effet, essentiellement part à ce phénomène, sans doute qu'elles mettent elles-mêmes, dans les liquides appropriés, une limite à leur développement, comme le fait la levûre par rapport à la formation de l'alcool et de l'acide acétique. Au mois de novembre, la choucroute fraîchement préparée et salée comme de coutume, est encore neutre au bout d'une semaine ; on y trouve en assez grande abondance des Bactéries simples ou à plusieurs articles, constituant pour partie de longs chapelets de *Leptothrix*, et presque toutes dépourvues de mouvement, quoique manifestement en voie de multiplication très-active; les cellules de levûre y sont en travail de gemmation. La surface de la choucroute offre une écume telle que celle qui caractérise la fermentation alcoolique.

XIX. *Du sang de rate* (*Milzbrand*). — On a déjà beaucoup écrit sur ce sujet ; pour abréger ce que j'en veux dire, je me bornerai à renvoyer le lecteur à mes Comptes rendus mycologiques (*Bot. Zeit.*, ann. 1865, p. 100 et suiv., et ann. 1868, p. 107 et 182). Mes observations personnelles réitérées me laissent à peine douter aujourd'hui que la présence des Bactéries soit ici un caractère pathognomonique ; peut-être même qu'indépendamment d'une action chimique délétère, ces corpuscules en exercent une autre purement mécanique sur le système capillaire. Il est vrai qu'il m'est arrivé une fois de ne pouvoir trouver des Bactéries dans le sang du bras d'un jeune garçon qui venait d'être atteint à ce membre de *sang de rate;* ce sang fut inoculé

sans succès à deux lapins. Peut-être l'affection morbide était-elle encore purement locale et toute concentrée dans la région de l'ulcère ou foyer d'infection. J'ai rencontré en abondance de petites bactéries isolées et des filaments composés des mêmes bâtonnets dans la lymphe (légèrement teintée de sang) fraîchement retirée par incision d'un abcès qu'un malade du *sang de rate* avait à la main. Cette lymphe inoculée à un mouton fut contagieuse pour lui, car cet animal mourut au bout de quatre jours de la maladie du *sang de rate*. Les bactéries qui caractérisent cette maladie ne sont pourtant, sous aucun rapport, autant du moins que l'œil en peut juger, différentes de celles qui s'observent dans le lait aigre, dans les jus de viande corrompus ou dans la fermentation butyrique, et personne, que je sache, n'a jamais pu mettre sur le compte de ces corpuscules une infection morbide quelconque. Les produits de la culture artificielle sont également identiques; ainsi, j'ai obtenu du sang charbonneux déposé sur des fragments de pomme de terre, dans un tube clos, des mucus jaunes, bactério- et monadophores, riches en micro- et méso-bactéries, souvent disposées en longs chapelets et telles absolument qu'elles se trouvent dans le sang de l'homme et des animaux morts de la maladie du *sang de rate*. Il est encore à remarquer que les lapins inoculés soit avec du sang très-bactériophore emprunté à des cadavres humains ou à des cadavres de moutons et de lapins morts du *sang de rate*, soit avec le pus des plaies et des ulcères d'animaux affectés de ce mal, n'ont pas toujours été infectés, bien qu'ils aient tous été traités de la même manière, c'est-à-dire inoculés sur le front (1); cependant un examen préalable du sang employé y avait toujours constaté la présence d'une énorme quantité de bactéries. Celles-ci n'y ont été vues qu'immobiles et plus ou moins distinctement articulées. Les plus petites bactéries sont seules agiles et seulement un ou deux jours après la mort des malades. Il faut ajouter que suivant quelques auteurs, les bactéries ne se trouveraient dans le sang

(1) J'étais obligeamment assisté dans ces expériences par M. le docteur Bose, médecin assistant à la clinique chirurgicale de l'Université de Giessen.

des victimes du *sang de rate* qu'un certain temps après le décès, c'est-à-dire à un moment où on les peut rencontrer pareillement dans le cadavre des animaux morts du typhus et de diverses autres maladies. Brauell, auquel on doit le plus d'observations précises, dit n'avoir jamais trouvé les bactéries dans le sang que très-peu de temps avant la mort ou même seulement après. Dans le cours de mes expériences, je les ai vues une fois dans le sang d'un lapin trois heures avant sa mort, c'étaient des mésobactéries isolées. Une autre fois, également chez un lapin, je ne les ai observées, mais déjà très-abondantes, qu'environ six heures après la mort de l'animal; chez une vache également victime du *sang de rate*, les bactéries se sont montrées deux heures après la mort; dans tous les autres cas, au nombre de treize, qu'il m'a été donné d'observer, le sang expérimenté avait cessé depuis vingt-quatre heures et plus de participer à la vie, de sorte que la présence des bactéries n'était plus là qu'une circonstance ordinaire et sans signification particulière.

Un dernier fait à mentionner, c'est qu'un jus de viande corrompu qui contenait pourtant une grande quantité de bactéries, en apparence identiques avec celles du *sang de rate*, a été par trois fois inoculé à des lapins sans déterminer aucun phénomène morbide. S'il est vrai qu'une vache malade du *sang de rate* peut mettre bas un veau sain, il en faut conclure que le principe morbide demeure, sans en sortir, dans le sang de la mère; d'après cela, ce serait une matière solide et non un poison dissous. Le fait ne manque pas non plus de signification au point de vue de l'empoisonnement du sang par filtration. Dans mes expériences avec le docteur Bose, je n'ai pu réaliser, avec un papier double, une filtration artificielle satisfaisante du sang d'un mouton malade du *sang de rate;* ce sang inoculé après l'opération se montra encore extrêmement contagieux; il est vrai que des masses de bactéries avaient passé au travers du filtre.

XX. Je possède aussi quelques observations, mais peu de résultats positifs, touchant la diphthérite, la scarlatine et la vaccine; je n'ai trouvé là, en fait de corps de nature certainement

fougine, ou même de corps organisé quelconque, absolument rien dont la présence ne pût être considérée comme toute fortuite et accidentelle. On conçoit, par exemple, que s'il existe une exsudation diphthéritique en arrière de la voûte palatine, il arrivera inévitablement que l'air inspiré par le malade transportera là quelque spore de *Penicillium*.

Quiconque a essayé, par exemple, de cultiver le *Mucor stolonifer* pur et dégagé de tout *Penicillium*, et voudra bien se rappeler que sur dix expériences instituées avec toutes les précautions imaginables, neuf ou à peu près ne réussissent point, quiconque encore réfléchira à l'ubiquité de cette moisissure et à l'extrême difficulté de l'éviter, celui-là ne s'étonnera pas que je tienne pour à peu près impossible de conserver le virus-vaccin sur un bâtonnet ou dans un tube capillaire, comme de le transporter directement d'une pustule variolique sur un *substratum* approprié, et ce à l'intention de cultiver quelque Champignon, sans qu'à l'insu de l'observateur et malgré lui, le *Penicillium* ne se mêle aux préparations. On peut très-justement dire la même chose des bactéries et du *Monas Crepusculum*. Aucun appareil de culture artificielle, et je parle des meilleurs, ne saurait efficacement protéger contre l'invasion de ces productions ubiquistes ; je ne puis cependant ne pas recommander encore comme préférables à tous les appareils décrits jusqu'ici, les tubes particuliers (*Dunstrohre*) dont j'ai déjà si souvent parlé. Ce n'est point, en effet, dans ces tubes que la pureté des préparations s'altère, les corps étrangers s'y mêlent pendant qu'on les dispose, ou bien ils se rencontrent déjà sur le *substratum* primitif. Je ne vois vraiment, pour le moment, aucun moyen d'éviter ces inconvénients. Il nous faut donc mettre sur le compte d'un heureux hasard ou du grand nombre des spores employées, si des spores semées d'un *Penicillium* on obtient en général le même *Penicillium*, et si des spores d'un *Mucor* on peut souvent aussi voir renaître ce *Mucor;* mais il arrive bien fréquemment que ce *Mucor* est dès le début accompagné d'un *Penicillium* qu'on sait parfaitement n'avoir point semé, et qui végète promptement avec tant de vigueur qu'il étouffe le *Mucor*. Ainsi se comporte

également sur un *substratum* humide le mucus bactériophore vis-à-vis du *Penicillium*, lorsque l'un et l'autre s'y trouvent en présence.

Cultivée sur le tissu de la pomme de terre, la matière diphthéritique (sang ou exsudations) donne naissance à un mucus monado- et bactériophore, à des *Penicillium*, à des cellules zymoïdes, en un mot, à toutes les productions que j'ai signalées dans les expériences précédentes. Les bactéries étaient le plus souvent immobiles; pourtant je les ai vues quelquefois douées d'agilité ; le *Monas Crepusculum* s'est montré une fois coloré en violet, comme s'il passait au *M. prodigiosa ;* dans une autre circonstance, il était doué de mouvement.

Les corpuscules de Cornalia (*Nosema Bombycis* Næg.) qui se rencontrent, comme on sait, dans le sang du ver à soie, mort victime de la *pébrine*, ne sont pas, d'après le peu que j'en ai pu savoir, essentiellement différents du *Monas Crepusculum*.

On a aussi attribué le choléra aux bactéries, Klob les ayant trouvées en grande quantité, ainsi que le *Monas Crepusculum*, dans les selles des cholériques. Mais on sait que ces corpuscules existent pareillement dans les déjections de l'homme affecté de simple diarrhée, et même dans celles de l'homme sain.

Tout est encore à faire ici : on a, entre autres choses, à trouver une méthode sûre pour mettre à l'abri de l'invasion de toute production étrangère les essais de culture artificielle appliqués à divers Champignons ; il y a à rechercher quels sont pour cet objet les *substratum* les plus favorables et, chose capitale à mon sens, quelles sont les conditions biologiques et chimiques du développement des bactéries et autres corpuscules analogues. On est autorisé à présumer, en effet, que suivant les circonstances extérieures et les milieux dans lesquels se trouvent ces petits êtres, ils donnent lieu à des produits très-différents, et que d'un autre côté, il n'y a point de ferments spécifiques pour chaque genre de fermentation ; il est bien plus vraisemblable que tous les phénomènes de fermentation et de putréfaction sont dus soit à des conidies fongines d'origines très-diverses, soit à des monades et à des bactéries, ou à ces deux ordres d'agents à

la fois. Cette opinion s'appuie sur le fait signalé plus haut que des bactéries ammoniacales transportées dans du lait, en accélèrent l'acidification; elle s'étaie encore sur ce que les *Mucor*, les *Penicillium* et autres Mucédinées se comportent si différemment dans l'air comme végétaux aériens, et dans l'eau ou autre liquide à l'état de levûre immergée. Ces diversités biologiques, les seules qui soient bien connues jusqu'ici ou tout au moins suffisamment démontrées, je pense, ne doivent jamais être perdues de vue dans toutes les questions relatives au sujet qui nous occupe. Pour le moment, je reste convaincu qu'à l'exception de la levûre et des ferments acétique et butyrique, tout le reste est encore enveloppé d'obscurités et que notre science se borne à des hypothèses plus ou moins fondées.

Le but de mes observations était d'apprendre à mieux connaître les organismes en question et d'en donner des caractères plus précis qu'on n'avait pu le faire encore; puissent les résultats que j'ai obtenus frayer une voie plus directe et plus profitable à l'étude des phénomènes qui sont attribués à ces petits êtres.

EXPLICATION DES FIGURES.

Les figures sont généralement dessinées grandies 363 fois; celles qui sont marquées d'un astérisque sont plus grossies.

PLANCHES 1 ET 2.

Fig. 1. Microbactéries unicellulaires et d'inégale longueur *; *b*, chapelets composés des mêmes bâtonnets; *c*, microbactéries soudées entre elles et vues en différentes positions pendant leur agilité; **, deux Bactéries soudées entre elles sans que leurs contours apparents se touchent, d'où l'on peut conclure l'épaisseur de leur enveloppe muqueuse; *d*, filament replié sur lui-même; *e*, filament flexueux desséché, près de lui s'en trouve un autre d'une épaisseur inégale.

Fig. 2. Corpuscules du sang de l'homme, vus sous la même amplification.

Fig. 3. Plusieurs *Spirillum*; la rotation de ces singuliers êtres est parfois assez irrégulière.

Fig. 4. Filaments bactériens courbes; *b*, articles simples, à la fois courbes et renflés en massue aux extrémités.

Fig. 5. Mésobactéries. *, Articles grossis et en partie courbes; *b*, chapelets; le plasma est en *c* condensé sous forme de granules; *d*, accroissement d'un filament dans l'espace de trois heures et demie, il s'est accru de la partie comprise entre B′ et C′; *e*, chapelet fait d'articles courbes; *f*, chapelet d'une longueur peu ordinaire; *g*, fragments de chapelets ou filaments courbes et inégaux. Dans la figure I, une des cellules du filament bactérien est remplie d'air; en II, le plasma est distribué en traînées allongées.

Fig. 6. Articles isolés de mésobactéries qui se sont gonflés dans l'eau et renflés en massue aux deux bouts.

Fig. 7. Macrobactéries; *b*, deux cellules dessinées à part et plus grossies; *c*, un chapelet.

Fig. 8. Petites masses muqueuses guttiformes, qui forment des sortes de nébulosités dans l'eau miellée; elles sont formées de *Monas Crepusculum* et de microbactéries isolées.

Fig. 9. Mucilage monadophore et bactériophore à la fois, qui a été cultivé sur un fragment de pomme de terre; *b*, portion grossie.

Fig. 10. Filaments fongins de la nature des *Cylindrophora*, des *Collarium* ou des *Sporotrichum;* leur ténuité et la forme des conidies qu'ils produisent rappellent les filaments bactériens; *b*, filaments analogues pris sur un autre *substratum*.

Fig. 11. Autres filaments fongins.

Fig. 12. Divers aspects des mésobactéries. Le *plasma* dans les points L, L, est remplacé par de l'air; ailleurs il est diversement coagulé ou homogène et transparent.

Fig. 13. Chapelets monado-bactériens, où les Monades et les Bactéries semblent se confondre et passer les unes dans les autres.

Fig. 14. Représentation schématique des arrangements divers que présentent les articles des chapelets monadaires.

Fig. 15. Pseudobactéries observées les unes (*a*) dans le *Vicia amphicarpa*, les autres (*b*) dans le *Vicia Ervilia*, et les troisièmes (*c*) dans le Lupin.

Fig. 16. Spores de *Penicillium glaucum* qui ont macéré.

Fig. 17. Germination du même *Penicillium; a*, spores avant la germination; *b*, les mêmes germant, elles se sont fortement gonflées; *c*, filament fertile issu directement d'une spore; *d*, filament-germe émettant un rameau latéral aussi ténu qu'une Bactérie; *e*, article terminal imitant un *Oidium; f*, passage de l'*Oidium* aux filaments-germes et aux conidies globuleuses; *g*, soudures de deux filaments-germes en un seul; *h*, passage à l'*Oidium Lactis*.

Fig. 18. Micro- et Mésobactéries ramifiées.

Fig. 19. *Monas Crepusculum; a*, amas de ces corpuscules, grossis 363 fois; *b*, variations accidentelles dans leur forme elliptique; vus suivant leur grand axe, ils sont circulaires; *c*, *d*, *e*, très-courts chapelets dont les articles sont inégalement allongés ou arrondis; ces paires de monades, quand elles sont agiles, se meuvent indifféremment dans un sens ou dans l'autre; *k*, monades claviformes, anomalie rare.

Fig. 20. Chapelets de monades dont l'un est ramifié.

Fig. 21. *a*, levûre qui a macéré; I, les granules plastiques intérieurs sont animés d'un mouvement moléculaire; II, deux vacuoles se voient au milieu de ces granules; III, levûre bouillie et comme rongée extérieurement; IV, semblable cellule de levûre avec de nombreuses vacuoles dans son *plasma*. — *b*, spores de *Penicillium*; I, deux spores qui semblent conjuguées, mais c'est là un pur phénomène d'optique, de même que lorsque les doigts sont tenus devant une lumière, ils semblent se confondre par places; il n'y a ici aucune ouverture réelle de communication; II, spore entourée d'un halo, ce qui ne constitue encore qu'une illusion d'optique; cette spore offre une légère saillie là où elle était précédemment en contact avec une autre spore; *c*, spore de *Mucor stolonifer*; *d*, résidus de la même, après macération.

Fig. 22. Endogonidies de *Penicillium glaucum*. L'enveloppe est rejetée, puis a souvent lieu la germination; passage à l'*Oidium lactis*.

SUR DEUX NOUVEAUX TYPES GÉNÉRIQUES

POUR LES

FAMILLES DES SAPROLÉGNIÉES ET DES PÉRONOSPORÉES

Par MM. E. ROZE et M. CORNU.

I

CYSTOSIPHON PYTHIOIDES.

Le *Wolffia Michelii* Schleid. (*Lemna arrhiza* L.) est une plante aquatique, assez localisée en France : on la signale en divers endroits, notamment en Sologne, dans quelques mares aux environs de Romorantin, où elle a été découverte par M. E. Martin, et d'où provenaient les échantillons d'étude qui ont fait le sujet de ce mémoire.

Cette petite plante, qui nous semble d'autant plus simplement organisée que nous ne la rencontrons que dans sa période végétative, est, comme on le sait, dépourvue à la fois de tige, de feuilles et de racines : elle constitue une masse celluleuse, sorte de sphéroïde tronqué qu'on est convenu d'appeler fronde, dont la base est immergée et dont la partie plane, seule, est aérienne et présente quelques stomates. Pendant l'été, elle se multiplie par gemmation (1); mais les premiers froids de l'automne ne sont pas seuls, comme on le croyait jusqu'ici, à en entraver la multiplication gemmulaire. En effet, un parasite spécial à ce *Wolffia*, non-seulement vit à ses dépens, mais de plus le frappe de mort en s'assimilant ses propres éléments nutritifs : c'est de l'histoire de ce champignon entophyte qu'il va être ici question.

(1) Voyez pour de plus amples détails sur ce *Wolffia* : J. Hoffmann, *Wiegmann's Archiv. für Naturgeschichte*, 1840 (*Ann. des sc. nat.*, 2e série, t. XIV) ; Schleiden, *Linnæa*, IV, 1839 (*Ann. des sc. nat.*, 2e série, t. XIII), et *Beiträge zur Botanik*, 1844 ; Weddell, *Ann. des sc. nat.*, 3e série, t. XII.

Individus attaqués; leur aspect. — En général, et pour des raisons plausibles, le nombre des individus attaqués est fort restreint quand on récolte la plante à la fin de l'automne, époque pendant laquelle ont eu lieu nos observations. Mais en maintenant toute la masse du *Wolffia* dans une chambre où la température ne varie que de 10 à 15°, le nombre des individus malades augmente rapidement. Pour cela, on peut disposer la plante dans des soucoupes en poterie, sur un centimètre d'eau, ou bien la placer entre du papier buvard humide. Après un mois et plus, le *Wolffia* y est encore vivant et en bon état. Du reste, ces deux modes d'installation ont leur utilité, car on en peut tirer des résultats différents pour l'étude.

Les individus malades se reconnaissent assez facilement et à première vue, en ce qu'au lieu d'être brillants et fermes, ils sont mous, ternes ou transparents; leur couleur est tantôt d'un vert intense, tantôt d'un jaune pâle : ils se distinguent ainsi des individus morts qui sont plutôt légèrement bruns. Le peu de résistance des frondes envahies par le parasite en facilite d'ailleurs beaucoup l'étude, car elle permet d'en obtenir aisément de très-bonnes préparations microscopiques.

Mycélium. — Le mycélium de ce champignon parasite est formé de filaments presque cylindriques, rarement cloisonnés, très-rameux, mais dépourvus des suçoirs que M. de Bary a signalés chez les *Cystopus* et les *Peronospora*. Ils traversent les cellules centrales, franchissent les lacunes et se répandent surtout dans les cellules de la périphérie. Ils y émettent de nombreuses ramifications qui s'allongent et se ramifient à leur tour.

Ces filaments perforent les parois des cellules en s'y appliquant perpendiculairement, et les traversent en y subissant un très-léger étranglement. Remplis à l'origine d'un plasma épais, à peine granuleux et sans vacuoles, ils se vident plus tard pour la formation des organes de reproduction et deviennent beaucoup moins visibles. A côté de ces filaments, dans les cellules, la chlorophylle paraît comme altérée et informe; dans certains cas même, elle disparaît tout à fait. Quant aux grains d'amidon,

si abondants parfois dans les frondes saines, on n'en retrouve plus souvent aucune trace.

Le mycélium du parasite, en pénétrant dans la fronde, y facilite du reste la pénétration de l'eau : aussi est-ce au fond des soucoupes qu'il faut, au bout de quelques jours, y chercher les individus attaqués. Quelques-uns de ceux-ci y prennent bientôt une forme presque régulièrement sphérique : l'observation y dénote alors un grand écartement dans l'ouverture des stomates, et la complète disparition de l'air de toutes les lacunes respiratoires.

Organes de reproduction asexuée. — Ces organes sont de véritables *zoosporanges*, situés d'ordinaire dans les cellules périphériques de la partie immergée de la fronde, très-rarement dans les cellules aériennes. Un seul zoosporange suffit, en général, pour remplir l'une de ces cellules. Ils sont sphériques, quand ils se développent dans une cellule régulière, et plus ou moins allongés dans les cellules oblongues qui bordent l'ouverture de la cavité gemmipare.

Le filament qui rattache le zoosporange au mycélium est vide et hyalin : peu visible d'abord, par suite de l'opacité du zoosporange, il réapparaît de nouveau quand ce dernier s'est vidé de son contenu.

Formation du zoosporange. — Après que le mycélium a pris possession de la fronde et s'y est ramifié en tous sens, certains filaments gonflent leur extrémité libre sous la forme d'un sphéroïde dans lequel afflue tout leur plasma. Ce sphéroïde remplit bientôt toute la cellule où il s'est développé : il s'isole alors du mycélium par une cloison basilaire spéciale. Le plasma primitif s'y élabore insensiblement ; enfin une assez grosse vacuole y apparaît : c'est l'indice de la maturité de l'organe. Ajoutons ici que cette formation a lieu simultanément dans toutes les cellules, car ce n'est que rarement qu'on trouve à la fois des zoosporanges jeunes et des zoosporanges adultes. Quant au nombre des zoosporanges contenus dans une fronde, il est parfois assez considé-

rable, puisque près de la moitié des cellules périphériques peuvent en présenter dans certains cas.

Si l'on observe avec attention sur une fronde remplie de zoosporanges, ceux de ces derniers dans le plasma desquels apparaît nettement la vacuole signalée, on ne tardera pas à voir quelques-uns d'entre eux émettre un petit tube qui, en moins de deux heures, atteindra la paroi interne de la membrane cellulaire, seul obstacle qu'il ait à franchir pour déboucher dans l'eau ambiante. Des observations très-précises nous ont permis de constater alors les diverses phases qui accompagnent le phénomène de la perforation de cette membrane. Le tube, à son point de rencontre avec la membrane, éprouvant une résistance très-grande à continuer son évolution, s'épate sur la paroi qui lui fait obstacle en gonflant légèrement son extrémité ; un temps d'arrêt semble suivre cette dernière phase ; puis, on voit apparaître soudain, de l'autre côté de la membrane, une sorte de petit mamelon : c'est le sommet du tube qui, d'abord d'un diamètre plus petit que le gonflement du tube primordial, finit insensiblement par en atteindre la dimension. La pénétration a donc lieu par suite d'une action exosmotique qui dissout lentement la membrane cellulosique ; mais cette résorption est localisée, car il se produit un léger étranglement du tube dans le point résorbé. Du reste, la membrane elle-même ne présente aucune altération visible autour de cette perforation, et la plus puissante lentille ne peut faire soupçonner la plus légère solution de continuité entre la paroi du tube et la membrane perforée. Le parasite du *Wolffia*, comme le *Pythium entophytum* cité à cette occasion par M. Pringsheim, pourra donc servir ainsi d'excellent exemple pour l'étude des perforations produites par des champignons parasites.

Sur les échantillons maintenus dans un papier buvard humide, ou sur ceux des soucoupes restés sur la poterie imbibée d'eau, en dehors du liquide, le tube dont il s'agit atteint dans quelques cas une longueur égale à près de douze fois le diamètre du zoosporange, ce qui, pour un zoosporange moyen de $0^{mm},02$ de diamètre, peut être évalué à $0^{mm},24$; mais ce fait extrêmement rare ne se produit qu'au bout de plusieurs heures. Ordinaire-

ment le tube a une longueur beaucoup moindre; quelquefois même il est à peine développé. Il est entièrement rempli, quand il est court (ce qui n'a lieu que vers son extrémité quand il est long), d'un mucus réfringent, à peine chargé de très-fines granulations, mais d'ailleurs nettement distinct du plasma de l'intérieur du zoosporange, qui semble être alors lui-même le siége de mouvements très-lents, ce que le changement de place de la vacuole permet quelquefois d'y constater. Quoi qu'il en soit, le tube s'allonge jusqu'à ce qu'il ait atteint sa dimension normale, indiquée par l'apparition d'une sorte d'épaississement à son extrémité. Peu de temps après, le plasma du zoosporange s'épanche soudain par cette même extrémité, et cela plus ou moins lentement, soit d'une façon continue, soit par saccades, mais finalement de manière à y former un véritable globule plastique. Puis, au bout de quelques autres minutes, ce globule se montre entouré d'une membrane très-mince : or, chose remarquable, cette membrane ainsi disposée en forme de vésicule, s'adapte parfaitement à l'extrémité du tube, si bien qu'une communication se trouve dès lors établie entre l'intérieur de la vésicule naissante et la cavité même du zoosporange.

De la vésicule-mère et *des zoospores*. — Ce fait de la soudure de la vésicule à l'extrémité du tube (et par suite la communication établie entre elle et le zoosporange) nous avons eu l'occasion de le constater maintes fois, notamment par le passage ultérieur, dans la vésicule, d'une partie du plasma qui était resté dans le zoosporange, alors que cette vésicule était déjà constituée. Or, ce fait, que semblait-il indiquer, sinon que la vésicule était formée par la boursouflure de l'extrémité du tube sous la pression du mucus plasmique qui s'y précipitait? Cette opinion qui est, du reste, celle émise par M. de Bary pour une formation identique (1), nous semblait de prime abord devoir être adoptée. Mais certaines observations du phénomène nous ayant amené à constater à l'extrémité du tube, lors de cette formation vésicu-

(1) La vésicule qui, chez le *Pythium proliferum* de Bry, proviendrait de la dilatation de la papille du sporange..... (*in* Pringsheim, *Jahrbücher f. w. Botanik*, t. II).

laire, plutôt un épanchement du plasma qu'un gonflement ampulliforme, nous avons été conduits à nous abstenir présentement d'en donner aucune explication hypothétique, nous contentant de rappeler ici ce que M. Pringsheim dit lui-même de ce même phénomène, à propos de ses *Pythium entophytum* et *monospermum* (1), qu'on ne sait si cette vésicule provient de la pellicule la plus interne de la membrane du sporange, ou bien si elle se produit autour de la masse plasmique au moment de sa sortie.

Quelques minutes après la formation de la vésicule-mère, on voit le plasma contenu s'agiter d'un mouvement lent et vague d'oscillation, en même temps qu'un réseau de lignes plus claires apparaît dans sa masse ; puis, le sectionnement s'accentue davantage, et chacune des portions du plasma constitue une zoospore. Il est à remarquer que les cils existent depuis longtemps déjà, bien que l'observation, à l'aide même d'excellentes lentilles, ne les rendent pas aisément perceptibles : cela tient à ce que ces cils se meuvent dans l'espace très-étroit, laissé, par le retrait du plasma, à la périphérie de la vésicule ; mais quand par hasard la vésicule a été crevée pendant l'épanchement du plasma, on voit ces cils rayonner dès le début autour de la masse plasmique. D'où il suit que l'oscillation de cette masse, dans la vésicule-mère, n'est ainsi que la résultante de tous les mouvements ciliaires. Cependant, au bout de dix minutes, les zoospores définitivement constituées s'isolent les uns des autres et se meuvent librement dans la cavité même où elles sont encore enfermées. Très-peu de temps après, une portion de la membrane hyaline et ténue de la vésicule-mère se résorbe, et les zoospores agiles, s'échappant par cette ouverture, continuent dans l'eau environnante leur natation rapide. Presque aussitôt, mais seulement après la sortie de toutes les zoospores, la vésicule-mère disparaît insensiblement à la vue, en achevant de se dissoudre dans le liquide : le tube seul y persiste encore assez longtemps.

Les zoospores présentent un contour irrégulièrement réniforme, d'ordinaire un peu plus aminci à leurs deux extrémités.

(1) *Jahrbücher f. w. Botanik*, t. I (*Ann. des sc. nat.*, 4e série, t. XI).

Elles sont constituées par un mucus hyalin, dépourvu de toute enveloppe propre, au sein duquel se trouvent en suspension un certain nombre de très-petits granules. Au centre de leur face ventrale se distingue un nucléus presque hyalin, à peine réfringent, duquel partent les deux cils antéro-postérieurs. Mais si celles d'un même zoosporange offrent d'ordinaire des dimensions à peu près égales, il en est autrement si l'on compare entre elles les zoospores de divers zoosporanges : elles présentent alors des variations de taille considérables, au point que leur longueur peut aller du simple au double (de $0^{mm},008$ à $0^{mm},016$). Leur nombre, comparé dans plusieurs vésicules-mères, est aussi des plus variables : ainsi, il va de 1 à 49 zoospores, celles-ci comptées avec soin à leur sortie. Or, dans ce dernier cas, la vésicule peut même n'être pas aussi grosse que celle qui n'en renferme qu'une quinzaine environ. Voici, en effet, les dimensions que nous ont offertes deux de ces vésicules-mères : l'une, qui contenait 14 zoospores avait une forme presque ellipsoïdale dont le grand axe mesurait $0^{mm},045$ et le petit axe $0^{mm},034$; l'autre, qui renfermait 49 zoospores, ne mesurait pour le grand axe que $0^{mm},041$ et le petit axe $0^{mm},034$.

Les zoospores, sorties de leur vésicule-mère, s'agitent et nagent plus ou moins longtemps (vingt à cinquante minutes) dans le liquide ; puis, elles s'arrêtent, deviennent sphériques, perdent leurs cils et germent. Il est à remarquer que jusqu'au moment où commence leur inertie, elles conservent assez bien leur forme normale ; mais alors elles se contractent, et il semble qu'à mesure qu'elles arrivent à présenter l'aspect d'une sphère régulière, et que les cils se résorbent, une membrane résistante englobant leur masse, dessine mieux leur contour. L'apparition de cette membrane est bientôt du reste des plus nettes : phénomène bien connu, mais très-important, car on peut dire que la naissance de cette membrane constitue spontanément avec cette zoospore un élément histologique nouveau, en la transformant définitivement en cellule végétale. La germination de cette nouvelle cellule consiste dans l'émission d'un tube, origine première du mycélium. Ce tube, en s'allongeant, devient un filament

assez long qui est d'abord unique et simple, et ne se ramifie que rarement avant sa pénétration dans la plante nourricière. Son accroissement s'effectue au moyen du plasma qui bientôt quitte la cellule primaire, s'isole du reste du filament par des cloisons successives, et se porte toujours de la sorte à l'extrémité en voie d'allongement. Après trente heures, on compte 4–5 cloisons, suivies de 2–3 ramifications au plus. Mais à partir de ce moment, le filament ne s'accroît plus, sa vitalité languit, et bientôt il se décompose dans la préparation.

C'est qu'il lui manque, en effet, les éléments assimilables qu'il trouve dans le *Wolffia*. Nous avons été assez heureux pour constater dans une de nos préparations que des filaments, même très-courts, émis par les zoospores en germination, avaient réussi à pénétrer dans quelques cellules périphériques d'un *Wolffia* très-sain, qui se trouvait dans leur voisinage. Cette pénétration avait eu lieu au moyen de la perforation de la membrane cellulosique de ces cellules, perforation identique en tous points avec celle dont il a été question plus haut et qui était produite par le tube émis par les zoosporanges. Telle est, en effet, la manière dont se propage d'abord le parasite. On voit par là que ces zoospores ne sont à proprement parler que des germes motiles qui, grâce à leur propulsion ciliaire et au moyen de l'eau comme intermédiaire, vont se fixer çà et là sur les frondes immergées du *Wolffia*.

Il est utile d'ajouter cependant que certaines cellules qui paraissent semblables aux zoosporanges, et dont le plasma offre même une sorte de vacuole caractéristique, émettent aussi comme eux un tube, mais ne donnent pas de zoospores. Ce tube, un peu plus large que les filaments du mycélium, se cloisonne et se ramifie longuement ; en même temps, presque tout le plasma quitte la cellule et passe dans ces ramifications successives ; enfin, après trente heures de croissance, tout le tube se trouve atteindre à soixante fois et plus le diamètre de la cellule ou pseudo-zoosporange.

Quelques frondes de *Wolffia* accouplées par de semblables filaments qui, sortis de l'une, semblaient, grâce à un rapproche-

ment fortuit, avoir pénétré dans l'autre, nous font soupçonner qu'il y a là un second mode de propagation du parasite. Il ressort au surplus de nos observations que, lorsque le tube émis par un zoosporange présente des granulations très-nettes et des vacuoles, qu'il est en même temps d'un diamètre et d'une longueur plus considérables qu'à l'ordinaire, on peut être certain que ce pseudo-zoosporange n'émettra pas de zoospores. Ces constatations permettent de ne pas attendre indéfiniment la formation de zoospores à l'extrémité d'un tube qui n'en doit pas produire.

Assez souvent aussi, on rencontre de ces filaments dans la cavité gemmipare de la fronde, ce qui semble indiquer que le mycélium de la fronde-mère peut envahir de cette façon la fronde-fille. Mais ce qu'il est bon de noter, c'est que ces filaments s'organisent également, quoique sortis de la plante nourricière. Ainsi, ils présentent fréquemment des renflements sphériques ou pyriformes, reproductions en général stériles des organes féconds qui se développent normalement dans les cellules du *Wolffia*.

Organes de reproduction sexuée. — Un autre mode de reproduction consiste dans la formation d'*oogones* et d'*anthéridies* qui concourent à la génération d'*oospores;* ces organes spéciaux, malgré quelques exceptions, paraissent ne se rencontrer que sur des mycéliums distincts. Les frondes de *Wolffia*, qui présentent ce mode de reproduction, se reconnaissent très-nettement à l'absence complète de chlorophylle et à la présence, dans certains cas, d'une quantité encore assez notable de grains d'amidon. Ce fait est fort remarquable et doit être rapproché de la disparition complète des grains d'amidon chez les individus envahis par les mycéliums à zoosporanges, où la chlorophylle s'est quelque peu conservée. D'un autre côté, la formation des oogones ne paraît pas liée à l'âge du mycélium, non plus qu'à la constitution spéciale des individus : ainsi, l'on rencontre à la fois, et des frondes adultes remplies d'oogones, et de très-jeunes frondes dans le même cas. Ajoutons qu'il arrive même assez souvent

qu'une fronde-mère ne porte que des zoosporanges, alors que la fronde-fille y adhérente offre déjà, dans le nombre plus restreint de ses cellules, un plus grand nombre d'oogones.

La chaleur semblerait ici exercer une influence assez notable : dans nos expériences, en effet, les frondes maintenues à une température de près de 15° ne présentaient pour la plupart que des oogones, tandis que celles conservées à une température inférieure offraient comparativement moins d'oogones que de zoosporanges.

Les *oogones* sont terminaux ou interstitiels. Quand ils sont terminaux, le rameau du mycélium se renfle un peu au-dessous de son extrémité, le plasma y afflue et le renflement ampulliforme devient à peu près sphérique. Bientôt une cloison apparaît, mais à une petite distance au-dessous de la base de la sphère, de sorte que le jeune oogone présente à ses deux pôles deux très-courtes portions de tubes.

Souvent, au-dessous de l'oogone terminal, on en voit un autre se former après le premier, et comme lui par le renflement du mycélium ; alors apparaissent deux cloisons, l'une au-dessus, l'autre au-dessous de la nouvelle sphère, si bien que celle-ci présente à son tour un prolongement du tube initial à chacun de ses pôles.

Quant aux *anthéridies*, leur formation paraît concomitante à celle des oogones. Elles sont constituées par les extrémités renflées et recourbées de certains rameaux du mycélium, qui ne partent pas, à proximité du moins, du filament porteur de l'oogone. Ces extrémités concentrent dans leur intérieur tout le plasma du tube, qui de la sorte se vide et devient entièrement hyalin : une cloison les sépare alors du reste du filament, qui devient lui-même fort difficile à suivre à travers les cellules opalines de la fronde.

Ces anthéridies s'appliquent sur la paroi externe de l'oogone : il y en a quelquefois deux, très-rarement trois par oogone. Elles y poussent un petit prolongement cylindrique par lequel s'épanche tout leur contenu, sauf de rares granules qui restent engagés dans le processus. Le plasma de l'oogone se contracte

d'abord en une masse sphéroïdale, s'entoure bientôt d'une membrane qui s'épaissit notablement en très-peu de temps. C'est l'*oospore*. Pendant la formation de ce nouvel organe, son contenu éprouve quelques modifications : il se résout d'abord en un très-grand nombre de petites sphérules huileuses qui grossissent peu à peu, se réunissent, et finalement se fondent en un fluide légèrement granuleux qui remplit toute la cavité de l'oospore.

Primitivement mince et incolore, l'enveloppe de l'oospore devient légèrement rosée en s'épaississant. Cet épaississement atteint presque la moitié du rayon de la sphère. Sa surface externe est criblée de petites cavités assez régulières, dont l'ensemble simule une sorte de réseau des plus remarquables.

Quant au sort ultérieur de l'oospore, il nous est entièrement inconnu.

Habitat du parasite.—Le champignon entophyte que nous venons de décrire est-il spécial au *Wolffia Michelii?* Quelques recherches faites sur des racines des *Lemna minor* et *gibba* autour desquelles se trouvaient des frondes immergées de *Wolffia*, envahies par le parasite, nous ont permis d'observer dans quelques cellules de ces racines des organes tout à fait analogues aux zoosporanges dont nous venons de parler. Le même fait s'est présenté sur des frondes de *Riccia fluitans :* ce qui nous porte à croire que notre entophyte pourrait également se retrouver chez d'autres végétaux aquatiques.

Étude systématique. — Le parasite du *Wolffia* ne nous paraît pouvoir rentrer exactement dans aucun des genres établis jusqu'ici, qu'on le rapporte, soit aux Saprolégniées, soit aux Péronosporées. On peut dire, en effet, qu'il se rapproche des unes par ses organes de reproduction asexuée, et des autres par ceux de reproduction sexuée. La place, ainsi marquée dans chacune de ces deux familles, conduirait à le considérer comme pouvant servir d'intermédiaire entre elles, et l'on sait que leur réunion fait déjà soupçonner l'existence d'un groupe naturel dans lequel seraient comprises les Chytridinées. Quoi qu'il en soit, et en attendant que

de nombreux matériaux permettent plus tard d'entreprendre, à ce point de vue, une monographie de ce groupe intéressant; énumérons les motifs qui nous ont conduits à ajouter un nouveau genre à ceux déjà connus de la famille des Saprolégniées.

Et d'abord ce qui rapproche notre parasite des Péronosporées, c'est son parasitisme aux dépens d'une plante phanérogame vivante, c'est la situation interne de ses oogones dont l'oospore unique est revêtue d'une enveloppe ou épispore épaisse et rugueuse, c'est aussi leur position interstitielle. Mais ce qui le rapproche davantage des Saprolégniées, c'est son habitat dans la portion immergée d'une plante aquatique ; c'est la formation d'une vésicule-mère pour la génération ultime des zoospores, mode qui se retrouve chez les espèces du genre *Pythium*, dont la composition hétérogène nécessitera probablement quelques subdivisions ; c'est la forme propre aux zoosporanges normaux qui sont globuleux, sans papille, et celle de certains zoosporanges anormaux qui rappellent ceux du *Pythium proliferum* de Bary (1).

Ces diverses considérations, qu'il serait trop long de faire suivre ici d'une comparaison minutieuse entre le parasite du *Wolffia* et chacune des espèces, soit du genre *Pythium*, soit du genre *Myzocytium*, nous ont fait croire que nous avions affaire à un type nouveau, formant provisoirement la limite extrême de la famille des Saprolégniées. Nous avons cru devoir donner à ce nouveau genre le nom de *Cystosiphon*, afin de rappeler la formation du tube émis par le zoosporange pour évacuer son contenu hors de la plante hospitalière ; quant au nom spécifique du parasite du *Wolffia*, il nous a paru que celui de *Cystosiphon pythioides* pourrait servir à caractériser ses rapports assez nombreux avec les espèces du genre *Pythium*.

Voici quelle serait, par suite, la diagnose de cette nouvelle Saprolégniée :

(1) *In* Pringsheim, *Jahrbücher f. w. Botanik*, t. II.

CYSTOSIPHON.

Mycelium entophytum, septis nullis rarisve præditum, cellulas plantæ hospitalis perforans. Zoosporangia plerumque globosa, nonnunquam oblonga, in cellulis periphericis plantæ hospitalis evoluta, per membranam cellularem tubum singulum ad vesiculam matricalem zoosporarum fingendam emittentia. Zoosporæ oblongæ, subreniformes, ciliis binis antero-posterioribus. Oogonia sphærica, terminalia vel interstitialia, oosporam solitarem episporio crasso reticulato generantia. Antheridia unicellularia, hyphos mycelii terminantia, brevem processum in oogoniis protrudentia.

C. pythioides. — In frondis vivis *Wolffiæ Michelii* (Lemnæ arrhizæ L.) parasiticus. Sat frequens in stagnis Agri solonien-sis prope *Romorantin*, ubi mense Decembro 1868 primum invenitur.

II

BASIDIOPHORA ENTOSPORA.

Le champignon dont il s'agit ici est un parasite de l'*Erigeron canadense* L. Une sorte d'efflorescence blanchâtre trahit sa présence sur les feuilles radicales des rosettes hivernales de cette Composée, ce qui lui donne, à l'œil nu, quelque apparence avec les *Peronospora* ou les *Erysiphe*. Souvent aussi, les extrémités de ces mêmes feuilles présentent la teinte brune des tissus frappés de mort. Cette marcescence hâtive coïncide avec l'apparition, dans le parenchyme des feuilles, des organes de la reproduction sexuée, tandis que l'efflorescence blanchâtre de la surface de ces feuilles n'est produite que par la réunion des organes de la reproduction asexuée.

Stipes conidiophores; conidies; zoospores. — Les organes de propagation qui se forment sans le concours préalable d'agents

fécondateurs sont représentés par des *conidies*. Ces conidies sont portées sur des supports claviformes, semblables aux basides des Hyménomycètes. Voici, du reste, ce qui résulte de l'étude organogénique de ces conidies.

L'extrémité d'un filament du mycélium interne se fraye, en s'étranglant, un passage au dehors par l'ouverture d'un stomate, puis s'élève perpendiculairement à la surface de la feuille en se gonflant insensiblement, jusqu'à ce qu'il ait atteint une hauteur de 10-12 fois son diamètre moyen. Alors, sort du sommet une petite couronne d'apicules fort courts dont les extrémités se renflent sous la forme de vésicules, qui en se gonflant peu à peu constituent les conidies (1). Celles-ci, arrivées à leur période de maturité, se détachent, mais de telle façon que leur pédicule ou stérigmate se séparant par la moitié, une partie reste adhérente à la conidie et l'autre au tube conidiophore.

Les conidies mûres sont ellipsoïdales et munies à leur sommet d'une papille très-nette; elles sont remplies d'un plasma finement granuleux. Leurs dimensions varient, en longueur, de $0^{mm},036$ à $0^{mm},020$, en largeur de $0^{mm},023$ à $0^{mm},013$.

Placées dans l'eau, les conidies mûres donnent naissance à des zoospores, et cela d'ordinaire après une heure ou une heure et demie d'immersion. Voici ce qu'on observe dans l'intérieur de ces conidies. Le plasma, finement granuleux, y devient de plus en plus opaque; puis il se contracte en une masse plastique qui, cessant d'adhérer à la paroi interne de la conidie, s'en isole

(1) Ces basides, chez notre *Basidiophora*, correspondent par suite nettement aux organes conidiophores des *Cystopus* et des *Peronospora*. Il n'est pas, croyons-nous, sans intérêt de mentionner ici une réaction toute spéciale de ces divers appareils conidiophores et de leurs conidies, chez ces trois genres de Péronosporées. Traités, en effet, par le chloro-iodure de zinc liquide, elles prennent une teinte d'un rouge brun (acajou), alors que leur plasma se colore en jaune d'or. Or, le filament du mycélium qui leur donne naissance ne subit en aucune façon cette action colorante du réactif: à peine si elle se manifeste encore sur la partie du filament la plus rapprochée du pied de la baside. Cette réaction assez nette, sur tous ces organes aériens des Péronosporées, dénoterait ainsi une composition chimique spéciale de leurs membranes propres: l'air semblerait donc contribuer à en modifier la nature essentielle. (Voyez à ce sujet ce que dit M. Tulasne de la nature chimique des appendicules des conceptacles des *Erysiphe*, *Ann. des sc. nat.*, 4e série, t. VI, p. 318.)

insensiblement. En même temps, apparaît dans cette masse un réseau de lignes plus claires, qui ne sont autre chose que les points de séparation ou de fractionnement du plasma. Il se forme ainsi de petites masses partielles qui s'isolent de plus en plus; leur ensemble s'agite alors d'un mouvement lent qui s'accélère rapidement. Bientôt ces petites masses plasmiques se séparent, leurs flexions ciliaires deviennent plus manifestes, et les zoospores sont définitivement constituées (1). Leur nombre, dans chaque conidie, est très-variable : nous en avons compté depuis 3 jusqu'à 25. Elles sont à peu près réniformes, parfois granuleuses, et munies de deux cils antéro-postérieurs, partant de leur nucléole centro-basilaire, comme les zoospores des *Peronospora*, avec lesquelles elles ont la plus grande affinité. On les voit glisser les unes sur les autres dans l'étroit espace qui les emprisonne, n'attendant plus pour s'échapper de la conidie qu'une issue leur soit offerte.

Or, la papille, qui antérieurement était très-visible au sommet de la conidie, devenait dans le même temps de moins en moins nette. Par une sorte de gonflement insensible, elle se dilatait à son sommet; sa transparence augmentait de plus en plus; enfin, une sorte de ramollissement se manifestait dans le mucus spécial qui la constitue, indice de sa prochaine résorption. Cette ouverture une fois effectuée au sommet de la conidie, on assiste bientôt à la sortie des zoospores. Leur mode de sortie est fort curieux. En effet, de ce qu'ils sont manifestement plus larges dans tous les sens que ne l'est l'ouverture même du sporange, il faut de toute nécessité qu'ils éprouvent de grandes difficultés à franchir un passage trop étroit. On les voit alors, l'une après l'autre, engager dans l'ouverture leur cil antérieur, et tout en se servant du cil postérieur comme d'une sorte de propulseur actif, s'amincir, s'allonger, finalement tourner sur elles-mêmes comme si elles se vissaient par cette ouverture.

(1) Il nous a paru qu'à partir de ce moment, la conidie éprouvait une légère modification dans sa forme première, ainsi, que d'ellipsoïdale qu'elle était d'abord, et par suite d'une dilatation dans le sens du diamètre transversal et d'un élargissement vers sa base, elle devenait assez exactement ovoïde.

Le nucléole, d'où partent les deux cils de la zoospore, passe tout d'abord après le cil antérieur, qui pendant ce temps paraît décrire dans l'eau de rapides flexions rotatoires ; peu après, toute la masse de la zoospore finit par s'échapper. Après un temps d'arrêt fort court, pour se reconstituer et reprendre sa forme première, elle agite soudain ses deux cils et se déplace rapidement dans le liquide. Il est bon d'ajouter ici que les dernières zoospores nous ont, en général, paru sortir un peu plus facilement que les premières.

Après avoir nagé quelque temps (trente à quarante minutes) dans le liquide, ces zoospores deviennent sphéroïdales, s'arrêtent, perdent leurs cils, se revêtent d'une membrane propre et germent. Le filament qu'elles émettent est d'abord simple, puis rameux : on voit peu à peu tout le plasma de la sphère y passer, et suivre insensiblement l'élongation du tube germinatif en se portant toujours à son extrémité.

Toutefois, dans nos préparations, un grand nombre de zoospores se décomposent sans germer, en augmentant d'abord notablement de volume, puis en se résolvant en masses informes de plasma granuleux. Mais cela pouvait participer de la maturité incomplète des conidies, récoltées trop hâtivement pour l'étude : aussi ne doit-on, selon nous, considérer ce fait que comme tout à fait anormal. Nous en dirons autant des monstruosités diverses que nous ont parfois offertes certaines zoospores : ainsi, la réunion de deux d'entre elles par la soudure fortuite de leurs cils postérieurs ; l'agglutination de la masse de 4-5 zoospores, le tout accompagné en général d'un ralentissement notable dans leur mouvement. Faits qui s'expliquent fort bien, parce que l'*Erigeron canadense* a besoin pour végéter d'une température humide d'au moins 10-15 degrés, et qu'il est nécessaire, pour l'étude, de le conserver pendant l'hiver, soit en serre, soit sous cloche. Ce moyen, simple et commode, et qui réussit fort bien, en accélérant la végétation de la plante nourricière, à activer concurremment le développement du parasite, ne semble pas réussir aussi bien à en maintenir l'énergie vitale. Il est à noter, du reste, que des pieds d'Erigeron très-attaqués, soumis à un

froid sec de + 5 à 10 degrés, ne présente plus au bout de quelques jours aucune trace de basides conidiophores. La récolte de la plante, pour l'étude de son parasite, sera donc plus ou moins favorisée, suivant que l'on prendra en considération le degré d'humidité des localités et la température de l'atmosphère. Ajoutons toutefois que des échantillons à peine soupçonnés, au moment de la récolte, d'être envahis par le parasite, dénotent rapidement la présence de ce dernier dès qu'on les maintient 2–3 jours dans un milieu convenable de chaleur et d'humidité.

Oogones ; anthéridies ; oospores. — Si l'on dissèque, sous le microscope, le parenchyme des feuilles qui ont cessé de porter des basides conidiophores et dont l'extrémité est atteinte d'une marcescence précoce, on ne tardera pas à rencontrer, surtout dans le voisinage des nervures principales, des sphérules jaunâtres, revêtues de 3-4 proéminences irrégulières et d'une épaisseur pariétale assez notable. Ce sont les *oospores*. Le tissu cellulaire très-serré et très-compacte de ce parenchyme ne permet pas, par malheur, d'arriver ici à une connaissance parfaite du sujet. Nous avons seulement pu remarquer que l'*oogone* est rempli d'un plasma assez épais et entouré de filaments anthéridiens, dont un surtout présente une extrémité notablement plus élargie au moment de la fécondation. L'oospore qui en résulte, finit par occuper toute la cavité de l'oogone, si bien que cette grande cellule ne se discerne que difficilement sur les oospores arrivées à leur dernier degré de développement. A ce moment, celles-ci présentent une teinte jaunâtre très-franche, et leur intérieur ne paraît rempli que par un fluide à peine granuleux, au centre duquel se montre un nucléole un peu plus clair. Du reste, le rôle ultérieur de ces oospores nous est encore totalement inconnu.

Étude systématique. — Il est à remarquer que ce qui, chez les Saprolégniées, semble déjà comparativement présenter des différences caractéristiques de première valeur, c'est le zoosporange et le mode d'émission des zoospores. Or, d'après nos connais-

sances actuelles, un caractère de premier ordre s'offre de même, avant tous autres, pour établir des limites distinctes entre les genres des Péronosporées. C'est l'appareil conidiophore. Il est notable, en effet, que tous les *Cystopus* présentent une production conidiale moniliforme, alors que tous les *Peronospora* développent leurs conidies sur des stipes plus ou moins ramifiés. Seul donc jusqu'ici, notre *Basidiophora* fait connaître un nouveau mode d'évolution conidiale, au moyen de basides que nous avons décrites. Et si nous ajoutons, que la génération complète des zoospores s'y effectue dans l'intérieur même de la conidie, nous croyons avoir suffisamment justifié la manière de voir qui nous a portés à proposer l'établissement d'un genre nouveau dans l'intéressante famille des Péronosporées.

La diagnose suivante pourrait en résumer les caractères principaux :

BASIDIOPHORA.

Mycelium entophytum, septis destitutum. Stipites conidiophori, clavati, *basidia* simulantes, e foliorum stomatibus egredientes. Conidia ovata, papillata, in brevibus sterigmatibus evoluta, zoosporas agiles includentia. Zoosporæ globosæ, subreniformes, ciliis binis antero-posterioribus. Oogonia sphærica, in plantæ hospitalis parenchymate inclusa, post contactum antheridiorum oosporam solitariam episporio crasso cristato generantia.

B. entospora. — In foliis vivis radicalibus plantularum *Erigerontis canadensis* L., in terra sabulosa crescentis, parasitica. Haud rara, sed prætervisa : circa Lutetiam (*Joinville-le-Pont! Meudon! Bois de Boulogne! etc.*) prope *Châteauneuf-sur-Loire* (*Loiret*) ubi hieme 1868-69 primum invenitur.

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE 3.

Cystosiphon pythioides.

Fig. 1. Aspect d'une fronde de *Wolffia Michelii* Schleid. (*Lemna arrhiza* L.), dont plusieurs cellules de la périphérie contiennent des zoosporanges; *a*, fronde-fille, présentant également des sporanges; *x*, cicatricule de la fronde. 100/1.

Fig. 2. Cellules de la périphérie de la fronde, perforées par le mycélium du *Cystosiphon;* ce mycélium offre deux zoosporanges en voie de formation. 350/1.

Fig. 3. Un zoosporange qui a émis un tube dont l'accroissement est arrêté par la paroi cellulaire. 600/1.

Fig. 4. Le même, un quart d'heure après. La paroi cellulaire est perforée.

Fig. 5. Le même, après vingt minutes. L'extrémité du tube s'est gonflée et sa membrane s'est un peu épaissie.

Fig. 6. Épanchement, dans l'eau, du plasma contenu dans le zoosporange, par l'extrémité du tube. 600/1.

Fig. 7. Le plasma entièrement épanché. 600/1.

Fig. 8. Quelques minutes plus tard : contraction et segmentation du plasma; apparition de la vésicule-mère. 600/1.

Fig. 9. Cinq minutes après : oscillation de la masse dans cette vésicule; la segmentation du plasma plus nette; les cils plus visibles.

Fig. 10. La même, après cinq autres minutes. Les zoospores sont constituées.

Fig. 11. La même, trois minutes plus tard. Les zoospores se déplacent vivement dans cette vésicule.

Fig. 12. La même, deux minutes après : résorption de la paroi vésiculaire. Les zoospores s'échappent rapidement.

Fig. 13. Une zoospore inerte, devenue sphérique. 550/1.

Fig. 14. La même, quelques minutes plus tard : disparition des cils; apparition de la membrane cellulaire. 550/1.

Fig. 15. Deux zoospores en germination. 550/1.

Fig. 16. Une zoospore, après trois heures de germination. 550/1.

Fig. 17. La même, après trente heures.

Fig. 18. Un filament du mycélium portant deux oogones en voie de formation; *a*, moins développé que *b*, qui par une cloison basilaire s'est isolé du filament. 550/1.

Fig. 19. Anthéridie (*a*) et oogone (*b*) au moment de la fécondation. 550/1.

Fig. 20. Deux oogones et leurs anthéridies; ces oogones, situés sur le même filament, contiennent des oospores à deux états différents : *a*, oospore dont l'épispore encore mince renferme des sphérules huileuses; *b*, oospore complétement développée, vue suivant un plan visuel passant par le centre. 650/1.

Fig. 21. Aspect extérieur d'une oospore mûre dans son oogone, auquel adhère encore l'anthéridie. 650/1.

Fig. 22. Deux oospores dans leur oogone, vues sous le même grossissement. La moindre dimension de toutes les parties en dénote la variabilité.

PLANCHE 4.

Basidiophora entospora.

Fig. 1. *a*, stipe sorti par un stomate et présentant la formation des conidies; *b b*, deux stipes nés du même filament et dont le pied seulement est dessiné. 370/1.

Fig. 2. Stipe avec conidies, à l'état de maturité. 370/1.

Fig. 3. Stipe après la chute des conidies. 370/1.

Fig. 4. Conidie mûre, au moment de l'immersion dans l'eau. 550/1.

Fig. 5. La même, après une heure d'immersion. 550/1.

Fig. 6. La même, après une heure et demie d'immersion.

Fig. 7. La même, montrant la sortie des zoospores.

Fig. 8. Zoospores libres, nageant dans l'eau. 550/1.

Fig. 9. Les mêmes, lorsque le mouvement s'est ralenti. 550/1.

Fig. 10. Zoospores germant, au bout de seize heures. 550/1.

Fig. 11. Les mêmes, après deux jours et demi. 550/1.

Fig. 12. Anthéridie et oogone contenant l'oospore. 550/1.

SELONIA

LILIACEARUM gen. nov.

AUCTORE E. REGEL [1].

Perigonium inferum, sexpartitum, campanulatum v. deinde patens, persistens; phylla 3 exteriora sepaloidea, basi viridia, apice fuscescentia, subherbacea; phylla 3 interiora petaloidea, alba. Stamina 6, hypogyna. Filamenta filiformia, glabra, ante anthesin induplicata, demum elongata, exserta. Antheræ lineares, biloculares, paullo supra basin insertæ, basi emarginato-bilobæ. Ovarium subglobosum, 6-costatum, 3-loculare, loculis pluriovulatis. Stylus filiformis, post fecundationem erectus. Ovula in loculis 3-5, anatropa. — Herba perennis, foliis linearibus radicalibus carinatis, scapo aphyllo; flores racemosi. Affinis Eremuro, differt perigonii phyllis exterioribus subherbaceis sepaloideis, ovarii loculis 3-5-ovulatis, ovulis anatropis. — Dicavi clarissimo viro fautori protectorique scientiarum naturalium A. Selonoi.

Selonia soogdiana Rgl.

Folia omnia radicalia, ligulato-linearia, carinata, scapo breviora, utrinque minute denseque hirta, basi membranaceo-dilatata caulem amplectentia et ultra-longa, 1/10-3/10 poll. longa. Scapus teres, dense minuteque hirtus, aphyllus, florum racemo laxo circiter pedali terminato, infra racemum bracteis sterilibus sparsis vestitus. Flores laxe racemosi, sparsi. Pedunculi filiformes, subglabri, bracteas pluries superantes, patentes, initio recti, deinde apice cum flore plus minus recurvati. Bracteæ e basi latiore lanceolato-subulatæ, albo-membranaceæ, nervo medio fusco, margine piloso-villosæ. Flores erecti v. nutantes. Perigonium supra basin 6-partitum, initio campanulatum, deinde plus minus patens; sepalis tribus exterioribus calyciformibus, subherbaceis, ovato-oblongis, acutiusculis, nervo intermedio dorso subcarinatis, glabris, basi viridibus, apice fuscescentibus, petalis paullo brevioribus; sepalis tribus interioribus (petalis) ovato-ellipticis, 2/5 poll. longis, acutiusculis, undulatis, albis, nervo carinali fusco. Filamenta ante anthesin induplicata, deinde corollam superantia, fusca; antheræ fuscæ, polline luteo. — Hab. Turkestan.

(1) *Bull. Soc. imp. Mosc.*, p. 457. tab. 6, 1868.

ÉTUDES CHIMIQUES SUR LA VÉGÉTATION,

Par M. Jules RAULIN.

Si les organismes qui se forment dans les infusions de matières animales ou végétales excitent à un haut degré la curiosité des savants, ce n'est pas que ces petits êtres, dans le cercle étroit de leur vie rudimentaire, soient par eux-mêmes fort intéressants; c'est que leur développement se rattache, à un double point de vue, à la vie des êtres supérieurs.

D'une part, nous savons aujourd'hui que la vie de ces organismes infimes est liée nécessairement à ces transformations chimiques, variées à l'infini, que subissent les substances des végétaux et des animaux soustraites à l'action de la force vitale: c'est là une des lois fondamentales de la nature dont la découverte est due aux patientes et philosophiques études de M. Pasteur.

D'autre part, les êtres organisés les plus simples présentent, au point de vue chimique, des analogies fort remarquables avec les êtres vivants d'un ordre plus élevé, et contrairement à ces derniers, ils se prêtent avec une merveilleuse facilité aux investigations les plus délicates de la science; l'étude de ces petits êtres doit donc éclairer d'une vive lumière les questions les plus ardues de la physiologie générale : c'est là encore un côté nouveau de la science que M. Pasteur nous a révélé sans l'approfondir. Moi-même, désireux d'apporter quelques faits à l'appui de cette vue élevée, j'ai entrepris sur une Mucédinée spéciale les recherches chimiques qui font l'objet principal de ce Mémoire. Mais, afin de rattacher mes résultats aux lois générales de la *Chimie des végétaux*, j'ai exposé au point de vue des Méthodes l'ensemble des découvertes de cette science.

Ce Mémoire se divise en deux parties :

Première partie. Progrès de la *Chimie des végétaux* considérée sous le rapport des méthodes.

Deuxième partie. Recherches sur le *Développement d'une Mucédinée* dans un milieu artificiel.

PREMIÈRE PATRIE.

PROGRÈS DE LA CHIMIE DES VÉGÉTAUX CONSIDÉRÉE SOUS LE RAPPORT DES MÉTHODES.

Au point de vue chimique, je diviserai les végétaux en deux catégories : les *grands végétaux* et les *végétaux microscopiques*.

L'histoire de la chimie de ces êtres nous intéresse principalement au point de vue des Méthodes ; j'ai cru pouvoir réduire à trois toutes celles qui ont servi jusqu'à ce jour à traiter les questions de chimie physiologique :

La méthode analytique;

La méthode mixte ;

La méthode synthétique.

Chacune de ces trois méthodes peut prétendre à résoudre avec des degrés de perfection divers tous les problèmes qui se rattachent à la chimie des végétaux ; mais chacune d'elles met en œuvre pour atteindre ce but des procédés différents.

La *méthode analytique* étudie les végétaux dans les conditions mêmes où la nature les a placés : elle demande à la composition chimique du sol, de l'atmosphère et des plantes le secret des phénomènes de la végétation; en un mot, elle a pour point de départ l'analyse chimique.

Dans la *méthode synthétique*, on remplace le terrain naturel par un sol artificiel formé de composés chimiques définis, appropriés aux besoins du végétal qui doit s'y développer. C'est en faisant varier une à une les circonstances qui peuvent influer sur la vé-

gétation, et en observant les effets qui en résultent, qu'on cherche à saisir tous les éléments du problème de la vie : la base de cette méthode, c'est la *synthèse*, qui doit incidemment s'aider de l'*analyse* comme d'un utile moyen de vérification.

La *méthode mixte* est intermédiaire entre les deux méthodes précédentes : on fait végéter la plante qu'on veut soumettre à l'étude dans un sol chimiquement identique avec les terrains naturels ; mais on dispose arbitrairement des circonstances secondaires de la végétation, telles que l'atmosphère, l'étendue du terrain, les substances chimiques qu'on peut y ajouter, les circonstances physiques, etc. : ici, l'observation et l'expérimentation se prêtent un mutuel appui.

Ces considérations déterminent l'ordre suivi dans la première partie de ce Mémoire : je passerai successivement en revue les travaux de chimie physiologique qui ont pour objet les *grands végétaux* et les *végétaux microscopiques*, et je les classerai d'après les méthodes scientifiques auxquelles ils appartiennent.

CHAPITRE PREMIER.

ÉTUDE DES GRANDS VÉGÉTAUX.

I. — Méthode analytique.

La méthode analytique repose essentiellement sur la composition chimique des végétaux et avant tout sur celle de l'atmosphère et du sol où les végétaux puisent leurs éléments.

Composition chimique de l'atmosphère et du sol. — J'ai à peine besoin de rappeler que l'atmosphère est formée principalement d'oxygène et d'azote mêlés à de petites quantités d'acide carbonique et de vapeur d'eau, et que les terrains arables contiennent, outre l'eau et les gaz de l'atmosphère, les oxydes minéraux suivants :

Acide sulfurique, acide phosphorique, acide chlorhydrique, silice ;

Potasse, soude, chaux, magnésie, alumine, oxyde de fer, oxyde de manganèse ;

Et, en outre, de l'acide nitrique et de l'ammoniaque, et des matières organiques azotées en voie de décomposition qui constituent l'humus.

D'autres faits réclament ici notre attention.

D'une part, l'air paraît contenir des traces à peine appréciables de tous les éléments du sol, car on est parvenu à y découvrir :

L'ammoniaque, l'acide nitrique, un composé carboné et hydrogéné, des corpuscules organisés, des poussières diverses, un composé phosphoré, l'acide sulfurique, l'acide chlorhydrique, la soude, la potasse, la chaux, la magnésie.

D'autre part, le sol arable renferme, en petites quantités, la plupart des corps simples connus ; il n'en est guère même, parmi les plus rares, qu'on y ait cherchés en vain par des procédés suffisamment précis. On a trouvé dans l'eau de mer l'iode et le brôme. MM. Malaguti, Durocher et Sarzeaud ont isolé l'argent de l'eau de mer (1), M. Grandeau le rubidium des eaux de source (2). D'où viendraient ces éléments, sinon des terrains que ces eaux ont traversés? Au reste, c'est presque toujours dans les eaux naturelles qui ont traversé le sol ou l'atmosphère, et non dans ces milieux eux-mêmes, qu'on a recherché ces éléments que je viens de signaler ; c'est là un procédé indirect d'une sensibilité pour ainsi dire indéfinie.

Au point de vue physiologique, il n'est pas permis de négliger ces corps simples dont il n'existe que des traces dans les milieux ambiants, et dont on peut ne pas tenir compte dans les réactions de la chimie minérale ; en effet, grâce à l'étendue illimitée de ces milieux, à la mobilité de leurs parties, à la durée de la vie des végétaux, les quantités les plus insaisissables d'un élément de l'air ou du sol peuvent, en s'accumulant, produire sur les végétaux des effets appréciables.

Le sol et l'atmosphère sont trop complexes pour qu'on puisse suivre directement toutes les transformations chimiques de leurs

(1) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XXVIII, p. 129, et *Ann. sc. nat.*, 4e série, vol. IX, p. 222.

(2) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. LX, p. 479.

éléments, transformations qui se rattachent à l'étude chimique de la végétation. Aussi, dans bien des cas, a-t-on eu recours à une méthode indirecte, qui consiste à mettre en présence quelques-uns des composés des milieux ambiants, à en étudier les réactions, pour les appliquer ensuite aux phénomènes de la nature. C'est dans cette vue que M. Kuhlmann, en 1838 (1), rechercha les conditions de la transformation de l'acide nitrique en ammoniaque, et de l'ammoniaque en acide nitrique; que M. P. Thenard, en 1857 (2), examina les circonstances de la production et de la décomposition de l'acide fumique; que M. Thenard et M. Dehérain (3) étudièrent la solubilité des phosphates en présence des éléments minéraux du sol. Cette méthode peut certainement jeter quelque lumière sur les réactions multiples du sol et de l'atmosphère; mais les conséquences auxquelles elle conduit ne reposant que sur des analogies lointaines, doivent toujours, pour être admises définitivement, être assujetties à de nombreuses vérifications.

Composition élémentaire des végétaux. — La connaissance de la constitution chimique des végétaux est liée aux progrès de l'analyse élémentaire. Tant qu'on chercha dans la distillation en vases clos le secret de la composition des corps organisés, on n'obtint que des résultats variables et complexes. Mais lorsque Lavoisier eut substitué à ce procédé celui de la combustion des matières organiques, lorsqu'il eut fixé la composition de l'eau et de l'acide carbonique, produits de cette combustion, la substance de tous les végétaux apparut comme un composé de trois éléments : carbone, hydrogène, oxygène. Bientôt Th. de Saussure retira de l'azote de plusieurs substances végétales: il émit l'opinion que ce corps simple existe en petite quantité dans tous les organes des végétaux, opinion confirmée par les analyses de Gay-Lussac, de MM. Boussingault et Payen, etc.

Les cendres que les végétaux laissent toujours en brûlant en

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXIII, p. 1033.

(2) *Comptes rendus*, t. XLIV et suivants.

(3) *Recherches sur l'emploi agricole des phosphates*. Paris, 1862, et *Comptes rendus* 1858, t. XLVII, p. 988.

faible proportion ont été l'objet de nombreuses analyses ; on y rencontre normalement : l'acide phosphorique, l'acide sulfurique, l'acide chlorhydrique, la silice ; la potasse, la soude, la magnésie, la chaux, l'oxyde de fer, l'oxyde de manganèse.

Mais ce qu'il faut remarquer de préférence, c'est que les cendres des végétaux doivent contenir des traces de tous les éléments du sol même les plus rares ; car les varechs fournissent à l'industrie l'iode et le brome ; Meissner a trouvé du cuivre, M. Grandeau du rubidium dans certains végétaux. MM. Malaguti, Durocher et Sarzeaud ont décelé des traces d'argent dans les fucus ; MM. Bunsen et Kirchoff des traces de lithium dans la vigne et le tabac, etc.

Malgré cette complication apparente, les matières minérales des végétaux sont soumises à des lois fort remarquables.

Th. de Saussure (1) constata par l'expérience que la proportion de cendres contenue dans un même poids d'un végétal à l'état sec, augmente avec la richesse d'un terrain en matières salines ; qu'elle croît dans un même organe jusqu'au moment où la séve cesse d'y circuler ; qu'elle est plus forte dans les organes ou les végétaux herbacés que dans les parties ligneuses, résultats déjà entrevus par Perthuis en 1797 (2). Il présenta ces faits comme des résultats de la dissolution des sels dans les liquides, du mouvement des liquides dans le végétal, et de l'évaporation qui se produit à la surface. C'était reconnaître l'*influence prédominante de la nature physique des corps en présence sur l'absorption des sels par les végétaux* (3).

Berthier, vers 1826, reconnut que les cendres de bois de même espèce sont chimiquement semblables dans des terrains identiques ; mais que les cendres de diverses espèces de bois dans ces conditions diffèrent par les proportions de leurs éléments : *c'é-*

(1) *Recherches chimiques sur la végétation*, p. 272.

(2) *Annales de chimie*, t. XIX, p. 157.

(3) M. Dehérain a précisé ces résultats en montrant que la composition des cendres des végétaux s'explique parfaitement par les lois de l'évaporation des liquides, et celles de la diffusion des éléments minéraux en tenant compte de leur état de combinaisons dans l'organisme (*Annales des sciences naturelles*, 1867).

tait mettre hors de doute l'influence de l'espèce naturelle du végétal sur la composition des matières minérales qu'il renferme (1).

En 1858, MM. Malaguti et Durocher recherchèrent comment les éléments inorganiques sont distribués dans les principales familles du règne végétal (2) : les proportions de chlore, de soufre, de sodium, de calcium, furent très-variables; tandis que le phosphore, le potassium, le magnésium, se montrèrent plus constants, soit dans les diverses familles du règne végétal, soit principalement dans une même famille; résultats conformes à ceux qu'a obtenus M. Péligot sur la répartition de la potasse et de la soude dans divers végétaux (3). Le travail de MM. Malaguti et Durocher se distingue par le soin que prirent ces deux observateurs de ne comparer que des végétaux de même nature physique, herbacés ou ligneux, dans des terrains analogues non modifiés par la culture.

On a également suivi la distribution des principes minéraux dans les organes d'une même plante. M. Payen, en 1837, vit l'azote s'accumuler dans les plus jeunes organes, dans les graines principalement. M. Boussingault remarqua que les matières végétales les plus azotées sont généralement plus riches en phosphore, observation que M. Corenwinder rendit plus nette en montrant que l'azote et le phosphore varient dans le même sens d'un organe à un autre. Mayer (4) précisa les relations de ces deux corps simples en prouvant que dans les graines d'une même espèce de plante, le rapport de l'azote au phosphore reste constant, tandis qu'il peut varier d'une espèce à une autre si la nature de la matière protéique vient à changer. M. Peligot constata que la magnésie avec l'azote et le phosphore s'accumule dans les graines de préférence à la chaux. Enfin, M. I. Pierre (5), dans ses intéressantes recherches sur le blé, généralisa et

(1) *Annales de chimie et de physique*, t. XXXII, p. 240, 1826.

(2) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. LIV, p. 257.

(3) *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. VIII, p. 245.

(4) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. L, p. 185.

(5) I. Pierre, *Recherches expérimentales sur le développement du blé et sur la répartition dans ses différentes parties des éléments qui le constituent à diverses époques de sa végétation*, 1866.

étendit ces résultats : il reconnut que l'azote, le phosphore, le potassium et même le magnésium contenus dans un certain poids de matière sèche diminuent en général avec l'âge dans un même organe, et vont en augmentant des organes inférieurs vers les organes supérieurs, principalement vers les graines; tandis que le calcium, le fer, le silicium, le sodium, s'écartent de plus en plus de cette loi.

Le sens des résultats de MM. Malaguti et Durocher, Payen, Boussingault, Peligot, I. Pierre, paraît être celui-ci : l'azote, le phosphore, le potassium, le magnésium, s'accumulent avec une constance et une intensité remarquables dans les organes des plantes, surtout dans ceux où l'activité vitale prédomine ; le fer, le calcium, le sodium, le silicium, le soufre, le chlore, sont absorbés avec moins de force : on *voit donc intervenir ici dans la composition des cendres des végétaux l'influence de la nature chimique des éléments qui les composent.*

Principes immédiats des végétaux. — Parmi les composés définis que forment les éléments simples des végétaux, se placent au premier rang les composés ternaires qui constituent presque toute la masse des organes. Ceux de ces composés qui sont généralement répandus dans l'organisme des végétaux se divisent en trois classes : les substances neutres dont la composition peut être représentée par du carbone uni à de l'eau, telles que la cellulose, l'amidon, la dextrine, les sucres, etc. ; les acides qui contiennent en général du carbone, de l'eau et un excès d'oxygène, et qui sont ordinairement unis à des bases minérales, potasse, soude, chaux, etc., tels sont l'acide tartrique, l'acide citrique, l'acide malique, l'acide pectique, l'acide oxalique, etc. ; enfin les corps gras composés de carbone, d'eau et d'hydrogène en excès, principes très-abondants dans les graines oléagineuses, et dont MM. Dumas, Boussingault, Payen, ont démontré la présence en petite quantité dans tous les végétaux.

Parmi les composés quaternaires formés de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote, nous nous bornerons à signaler la chlorophylle dont le rôle est si important, et les principes albu-

minoïdes qui sont répandus dans tout l'organisme des végétaux, et que MM. Liebig et Mulder regardent comme ayant pour base un même principe, la protéine, unie à de faibles proportions de phosphore et de soufre.

Parmi les recherches qui se rattachent à l'étude de la transformation des principes immédiats des végétaux les uns dans les autres, on peut citer : les observations de Bérard (1), de Corenwinder, de MM. Fremy, Buignet, Berthelot, sur les métamorphoses des principes sucrés, le travail de M. Fremy sur les substances pectiques, etc. Le procédé que l'on a généralement suivi dans ces sortes de recherches consiste à étudier les variations quantitatives que subissent avec le temps les principes immédiats d'un organe et à les comparer entre elles. Par exemple, si l'on voit deux composés varier constamment en sens inverse, il devient probable qu'ils se transforment l'un dans l'autre. Mais il est difficile de tenir compte de toutes les substances, souvent fort nombreuses, d'un même organe ; en outre les éléments qui passent continuellement d'un organe à un autre, de celui-ci au milieu ambiant ou inversement, échappent en partie à l'analyse. Aussi ce procédé, très-commode dans les cas simples, ne conduit plus dans les cas compliqués qu'à des conclusions probables, non certaines, à des résultats particuliers qu'on ne peut généraliser.

Pour connaître la nature des réactions d'où résultent ces transformations, on cherche à les produire artificiellement par le mélange de quelques-uns des principes immédiats qui sont en contact dans le végétal. C'est ainsi qu'on a reconnu le rôle de la diastase dans la transformation de l'amidon en sucre, de la pectase dans les métamorphoses des principes pectiques, etc. Mais ce procédé, efficace dans les cas simples, devient beaucoup plus incertain dans les cas compliqués, parce qu'il ne repose que sur des analogies incomplètes.

Le terme de ces études sera atteint lorsqu'on aura déterminé les transformations des principes immédiats des végétaux, non pas dans une partie plus ou moins étendue du végétal, mais dans

(1) *Annales de chimie et de physique*, t. XV p. 225, 1821.

chacun de ses organes élémentaires : le procédé est encore celui dont je viens de parler, mais aidé par l'emploi simultané du microscope et des réactifs chimiques. Ce procédé est soumis aux restrictions générales que j'ai indiquées, mais il acquiert de nouvelles ressources pour pénétrer dans le mécanisme interne des phénomènes physiologiques. M. Payen en a obtenu des résultats inespérés dans une série de recherches analytiques commencées vers 1836 (1). Les propriétés de l'amidon, celles de la cellulose, qui est la base de tous les organes, la transformation des composés ternaires solubles en matière organisée sous l'influence de la matière azotée, l'étude des cristaux des feuilles, la constitution des fibres du bois, et comme conséquence pratique, l'explication des propriétés utiles des bois et des fibres textiles : tels sont les principaux objets des recherches de M. Payen qui prouvent la fécondité d'une méthode à laquelle la physiologie doit bien d'autres découvertes (2).

Parmi de nombreuses recherches analytiques d'un mérite incontestable, je n'ai effleuré que celles qui se rattachent directement au problème principal que j'avais en vue : déterminer la part exacte que prend au développement d'un végétal chacun des éléments chimiques qui l'entourent.

Des corps simples essentiels à la formation des végétaux. — Dans ce but on doit rechercher avant tout quels sont les corps simples utiles ou nécessaires à la formation d'un végétal. Ce serait une erreur de croire que ces éléments ne sont autres que ceux mêmes dont l'analyse révèle l'existence dans le végétal ; car un élément peut servir à transformer certaines substances de l'air ou du sol dans un sens favorable à la vie de ce végétal, sans que cette propriété soit en relation avec l'absorption de cet élément

(1) *Comptes rendus*, 1836, t. III et suivants. Voyez aussi les *Annales des sciences naturelles*, 2e série, t. X, p. 5, 65, 161, et t. XI, p. 21.

(2) On peut citer encore dans cet ordre d'études : les recherches de M. Fremy sur la composition des cellules végétales (*Annales des sciences naturelles*, 4e série, t. XII, p. 320).

par l'organisme, et inversement un corps simple peut être absorbé par un végétal sans lui être utile, puisque les plantes, nous l'avons vu, absorbent à peu près toutes les substances solubles qui les entourent. Cependant l'analyse du végétal peut nous éclairer sur cette question. Ainsi personne ne conteste la nécessité du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène dans l'acte de la végétation, parce que l'organisme est presque entièrement formé des composés de ces corps. L'azote, parce qu'il entre en proportions définies dans les substances albuminoïdes répandues dans toutes les parties du végétal, surtout dans les organes en voie de formation, peut être regardé comme un élément essentiel à la vie. Mais l'analyse ne prouve pas absolument que l'albumine, dont la proportion est toujours assez faible, soit indispensable à la formation des végétaux.

Cette remarque s'applique à plus forte raison au phosphore et au soufre combinés, peut-être même mélangés en petite proportion aux matières protéiques. L'azote, le phosphore, le potassium, le magnésium, nous l'avons vu, cheminent ensemble avec plus d'activité que les autres corps simples vers les organes essentiels à la vie; indice sérieux de l'importance physiologique de ces éléments. Cependant ce phénomène est peut-être le résultat naturel de quelque propriété physique ou chimique des composés de ces éléments tout à fait indépendante de leur action sur le végétal. M. Liebig (1) regarde les alcalis et les terres comme indispensables pour neutraliser les acides organiques du végétal, et comme capables de se substituer les uns aux autres. Mais ces acides eux-mêmes sont-ils nécessaires à la vie? En l'absence des bases ne seraient-ils pas remplacés naturellement par d'autres produits neutres sans que la vie en fût troublée? Au reste, l'expérience directe n'est pas favorable à l'hypothèse de M. Liebig. On peut encore tirer de curieuses inductions de la composition des terrains qui ont une flore spéciale. Si les varechs ne se rencontrent que dans la mer, n'est-ce pas parce qu'ils

(1) Liebig, *Chimie organique appliquée à la physiologie végétale et à l'agriculture*, p. 95 et suivantes.

ont besoin de sodium? Si, comme l'a remarqué M. Unger, la flore naturelle dans une même contrée change lorsqu'on passe d'un terrain calcaire à des terrains qui ont pour base le gypse ou l'argile, peut-être faut-il attribuer ce fait à la préférence de certaines espèces pour le calcium, le soufre, le silicium ou l'aluminium. Mais on ne saurait affirmer sûrement que cette influence des terrains est due aux éléments que j'ai signalés, plutôt qu'à tant d'autres circonstances qui peuvent nous échapper. Au reste, à toutes ces preuves en faveur de l'utilité de certains éléments minéraux dans l'acte de la végétation, on peut objecter qu'il est singulier que ces éléments, s'ils sont réellement utiles, se rencontrent dans les végétaux en aussi faibles proportions.

De l'origine des corps simples essentiels aux végétaux. — Il est très-important de connaître les composés de l'air et du sol qui fournissent les corps simples essentiels aux végétaux. Avant qu'on eût acquis des idées exactes sur la composition des minéraux, des chimistes soutinrent que tous les principes des végétaux, même les cendres, se forment sous l'influence de la vie à même la substance de l'air et de l'eau : l'abondance dans certaines plantes de la silice, dont les composés naturels sont ordinairement peu solubles, servait de fondement à cette opinion. Lorsque les découvertes de la chimie minérale eurent mis à néant cette fiction et démontré que le carbone, l'hydrogène, l'oxygène, constituent presque toute la masse des végétaux, on rechercha avec empressement l'origine de ces éléments. Les uns pensaient que l'humus les cède directement aux plantes. Tillet, Parmentier, etc. (1), s'appuyant sur la faible solubilité des matières des sols fertiles, attribuaient à l'air et à l'eau l'origine de ces trois éléments. M. Liebig (2) s'appuya sur des chiffres pour prouver que la partie soluble de l'humus ne suffit pas à produire toute la matière organique des récoltes et affirma qu'une portion des

(1) *Annales de chimie*, 1791, t. XI, p. 278.

(2) Liebig, *Chimie organique appliquée, etc.*, p. 10.

composés ternaires des végétaux tirent leurs éléments de l'acide carbonique et de l'eau. M. Liebig (1) a également calculé que les végétaux contiennent plus d'azote que le sol ne leur en fournit, et il en a conclu qu'une portion de l'azote des végétaux est puisée dans l'air. M. G. Ville (2) a même établi par des nombres que l'azote des récoltes surpasse celui qu'elles tirent du sol et celui des composés azotés de l'air, et que par conséquent une partie de l'azote des végétaux vient de l'azote libre de l'atmosphère.

Les preuves analytiques sur lesquelles s'appuient ces assertions manquent de solidité : souvent on s'est contenté de rassembler quelques nombres pris dans les expériences les plus hétérogènes, pour en composer une expérience fictive sur les conclusions de laquelle il est certainement permis de conserver plus d'un doute. En outre il est bien difficile d'apprécier ce que peut emprunter un végétal à tel ou tel composé du milieu ambiant, à cause de l'étendue illimitée de ce milieu, de la mobilité de ses éléments et des réactions qui s'y accomplissent continuellement. Ces considérations s'appliquent sans restriction à l'origine des principes minéraux des plantes. MM. Thenard et G. Ville ont cependant fondé sur l'analyse deux classifications des éléments du sol qui paraissent donner la solution du problème qui nous occupe. M. P. Thenard distingue dans le sol : les agents assimilables, les agents conservateurs, les agents assimilateurs (3). M. G. Ville divise les éléments du sol en éléments mécaniques, éléments assimilables actifs, éléments assimilables en réserve (4).

Quels sont donc les principes que MM. Thenard et Ville appellent assimilables? Ce sont ceux qui contiennent des corps simples dont l'analyse a décelé l'existence dans les végétaux, et qui peuvent dans des circonstances convenables devenir solubles. Or ces conditions sont, nous l'avons démontré, insuffisantes pour établir que ces principes participent activement au développement des végétaux.

(1) Liebig, *Ibid.*, p. 72 et suivantes.
(2) *Comptes rendus*, t. XXXVIII, p. 705.
(3) *Comptes rendus*, t. XLVIII, p. 385.
(4) *Comptes rendus*, t. XLVIII, p. 589.

Du rôle des corps simples qui interviennent utilement dans la végétation. — Pour déterminer le rôle de chacun des corps simples dont nous avons parlé dans le développement d'un végétal, il faut suivre toutes les transformations chimiques que subissent ces éléments depuis les composés du sol et de l'air qui les fournissent jusqu'à ceux qu'ils forment définitivement dans le végétal ou en dehors de lui.

Nous l'avons vu, l'analyse est parvenue à saisir des traces extrêmement petites des composés sans nombre qui constituent le sol et l'atmosphère. Elle peut nous éclairer sur quelques-unes des transformations de ces substances, mais elle ne nous a pas offert de procédé général qui puisse sûrement nous en révéler toutes les modifications. A plus forte raison, la transformation des composés de l'air et du sol en principes immédiats des végétaux échappe généralement aux procédés analytiques; mais ce que l'analyse saisit avec sûreté jusque dans les nuances les plus délicates, ce sont ces principes immédiats eux-mêmes: c'est ainsi qu'elle nous apprend que le carbone, l'hydrogène, l'oxygène, forment les composés les plus divers qui constituent presque toute la masse des végétaux; que l'azote entre dans les composés quaternaires dont les proportions sont assez minimes, bien qu'ils ne manquent jamais dans l'organisme; qu'enfin certains éléments minéraux paraissent appartenir à des composés des végétaux dont la nature et le rôle sont moins bien déterminés. L'analyse a abordé dans des cas particuliers le problème de la transformation de ces principes immédiats les uns dans les autres dans les diverses parties du végétal, sans conduire par une voie sûre à une solution générale et complète du problème qu'elle ne comporte pas. Elle a recherché également dans beaucoup de cas ces transformations dans les organes élémentaires, et a ainsi déterminé la part que prennent les principes immédiats les plus essentiels au développement de ces organes. Elle a suivi la transformation des composés ternaires solubles dans les principes qui constituent les cellules simples ou modifiées, l'intervention de la matière azotée et peut-être aussi de certains principes minéraux dans la formation des

organes nouveaux; en un mot, elle a déjà fait apparaître en partie le mécanisme de l'organisation de la matière.

Résultats généraux de la méthode. — Il suffit de jeter un coup d'œil sur l'ensemble des faits qui précèdent pour se convaincre que la méthode analytique a produit ses principales découvertes dans les quarante années qui suivirent l'époque de Lavoisier, époque des découvertes fondamentales de la chimie minérale.

Cette méthode a démontré que les végétaux exigent pour se développer un certain nombre de corps simples qui sont principalement le carbone, l'hydrogène, l'oxygène; très-probablement l'azote en faible quantité; que de très-petites proportions de phosphore, de soufre, de potassium, de magnésium, etc., sont peut-être également utiles à l'organisation de la matière.

Sans déterminer complétement le rôle de chacun de ces éléments dans le développement des végétaux, l'analyse nous a fait connaître les combinaisons diverses du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène qui constituent presque toute la masse des végétaux; elle en a suivi les transformations jusque dans les organes élémentaires dont elles fournissent les matériaux; elle nous a appris que les matières azotées président partout à la formation des organes; qu'enfin les éléments minéraux appartiennent peut-être à des composés indéterminés, utiles au développement de ces organes.

D'ailleurs cette méthode n'a pu établir que des hypothèses sans preuves réelles sur l'origine de ces éléments.

Si donc la méthode analytique nous a révélé un certain nombre de faits intéressants sur la constitution des végétaux, elle paraît par elle-même tout à fait insuffisante à fonder une théorie chimique de la végétation.

II. — Méthode mixte.

A la méthode mixte se rattachent toutes les expériences de chimie végétale dans lesquelles on s'est servi d'un sol naturel tout en disposant arbitrairement de quelques-unes des circonstances essentielles de la végétation.

De l'influence favorable de certains composés définis sur la végétation.—J'examinerai principalement l'influence qu'exercent sur la végétation certaines substances chimiques définies lorsqu'on les ajoute au terrain : c'est de toutes les questions traitées par la méthode mixte la plus intéressante.

Le nombre des essais isolés qui ont été faits dans cette direction est considérable, je n'en citerai que quelques-uns : Davy trouva que la magnésie est tantôt utile, tantôt funeste aux végétaux. Digby, en ajoutant du nitre au terrain, obtint une belle récolte d'orge. Home remarqua les bons effets du sulfate de potasse sur certains végétaux. Einhoff vit l'acide nitrique étendu donner de la vigueur à un champ de luzerne; il n'obtint aucun résultat de l'acide sulfurique et de quelques oxydes métalliques que de Humboldt avait indiqués comme utiles à la végétation (1). M. Bouchardat vit les sels ammoniacaux rester inactifs sur des Pommes de terre plantées dans une terre fertile (2). Eusèbe Gris fit reverdir des plantes chlorosées à l'aide du sulfate de fer (3), etc., etc. Ces faits épars, souvent contradictoires, observés dans des conditions mal déterminées, sans mesures numériques, sans termes de comparaison, ne présentent au point de vue scientifique qu'un médiocre intérêt. En voici la raison : l'effet d'un sel sur une culture peut dépendre non-seulement de la nature du sel, mais aussi de la quantité de sel employé, de l'espèce du végétal, de la constitution du sol, etc.; c'est-à-dire qu'il peut être très-variable, et qu'on ne saurait tirer d'essais sans suites aucune conclusion générale.

Des expériences conduites avec méthode offrent seules un intérêt réel; Davy en avait compris toute la portée; mais ses résultats ne peuvent qu'en faire ressortir les difficultés (4). En 1807 il essaya sur diverses cultures plusieurs sels de potasse et d'ammoniaque : les sulfates et les azotates furent à peu près inactifs; les acétates et principalement les carbonates donnèrent

(1) Davy, *Éléments de chimie appliquée à l'agriculture*, p. 319, etc.
(2) *Comptes rendus*, t. XXI, p. 636.
(3) *Comptes rendus*, t. XIX, p. 1118.
(4) Davy, *Éléments de chimie appliquée à l'agriculture*, p. 350.

à la végétation plus de vigueur. Comment interpréter ces résultats? Devait-on attribuer les bons effets des acétates et des carbonates à la tendance alcaline de ces composés, et l'inactivité des nitrates et des sulfates à l'état neutre de ces sels? Ou bien devait-on croire que la potasse et l'ammoniaque exercent sur la végétation une influence favorable qui appartient en propre à leurs éléments, et que l'action corrosive de l'acide sulfurique et de l'acide nitrique peut contre-balancer? Évidemment le côté important du problème restait dans l'ombre.

Aussi, si les expériences que je vais rapporter ont enrichi la science de résultats concordants, décisifs, le mérite en revient aux expérimentateurs qui n'ont rien épargné pour se mettre à l'abri des nombreuses causes d'erreur inhérentes au procédé lui-même : ils ont choisi des parcelles de terrain de nature semblable et ménagé çà et là des parcelles sans engrais destinées à servir de termes de comparaison ; ils ont pesé les substances ajoutées au sol et les récoltes ; ils ont multiplié les essais en les variant.

Les premières recherches de ce genre qui conduisirent à des résultats définitifs sont dus à M. Kuhlmann (1). Dans une série d'expériences commencées en 1841 et poursuivies pendant plusieurs années, il essaya sur des parcelles égales de prairies naturelles les composés suivants employés à égales quantités d'azote : chlorhydrate d'ammoniaque, sulfate d'ammoniaque, nitrate de soude, nitrate de chaux, eau ammoniacale des usines à gaz, gélatine, gluten.

Toutes ces substances accrurent notablement le poids des récoltes, résultat qui ne pouvait être attribué qu'à l'*azote*, élément commun à tous ces composés d'ailleurs si différents : au reste, les effets incomparablement moindres, produits par des sels ou des substances organiques sans azote levèrent toute incertitude à cet égard.

En 1843, M. Schattenmann compléta ces études en appliquant

(1) *Comptes rendus*, 1843, t. XVII, p. 1118.

les sels ammoniacaux en proportions diverses aux principales cultures agricoles (1).

En Angleterre, à partir de 1842, Lintoch, Fleming, Main et d'autres expérimentateurs essayèrent les effets des sels ammoniacaux et des nitrates sur le Blé, l'Avoine, le Turneps, et ils obtinrent généralement des résultats conformes aux précédents (2).

Divers expérimentateurs ont constaté que certains sels minéraux exercent sur les cultures agricoles une influence moindre que celle des matières azotées, mais très-appréciable.

Dès 1843, M. Lawes, en Angleterre, étudia l'action des phosphates, principalement du phosphate de chaux sous diverses formes, sur la culture du Blé, du Turneps, etc., et il obtint par l'addition de ces sels, seuls ou avec un engrais azoté, des excédants de récoltes fort appréciables. En 1845 et 1846, M. Kuhlmann constata que les phosphates exercent des effets de même ordre sur les prairies naturelles (3) : et, en 1852, M. Chatin reconnut que l'acide phosphorique se place au premier rang des oxydes utiles à la culture des Pommes de terre.

M. I. Pierre (4), de 1850 à 1852, démontra l'efficacité de l'acide sulfurique dans la végétation des légumineuses par des essais comparatifs avec des sulfates à bases diverses.

M. Chatin, dans des essais qu'il fit en 1852 sur les Pommes de terre, distingua la potasse et la chaux comme les plus efficaces des bases minérales (5).

MM. Lawes et Gilbert ont repris tous ces essais en commun sur une vaste échelle; ils ont appliqué à diverses cultures différents sels, seuls ou mélangés, et ils ont principalement envisagé les résultats dans leurs rapports avec la pratique.

Application de la méthode mixte. — Parmi les applications de la méthode mixte, on doit citer en première ligne l'usage des

(1) *Comptes rendus*, 1843, t. XVII, p. 1128.
(2) *Experimental agriculture, etc.*, by James F. W. Johnston.
(3) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XX, p. 265, 1847.
(4) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XXXVI, p. 61, 1852.
(5) *Comptes rendus*, t. XXXV, p. 786, 1852.

amendements, des engrais, des assolements, qui constituent la partie chimique de la pratique agricole : car ce sont là autant d'influences sur le développement des végétaux dans un sol naturel dont le praticien dispose à son gré. Par les engrais, par les amendements, il augmente les récoltes en ajoutant au sol, soit des matières d'origine animale ou végétale, soit des substances minérales telles que les cendres des végétaux, la chaux, la craie, l'argile, la poudre d'os, le plâtre, etc. Par les assolements, il fait un choix convenable des espèces qui doivent se succéder sur une même terre afin d'utiliser le plus fructueusement tous les principes fertilisants des engrais.

Tant qu'on a cherché l'explication de l'influence sur la végétation des amendements, des engrais, des assolements dans les faits pratiques ou les résultats de l'analyse, on n'a inventé que des hypothèses plus ou moins vraisemblables, sans fonder une théorie certaine et complète.

Que d'opinions n'a-t-on pas émises sur le mode d'action des amendements? Prenons le plâtre pour exemple et laissons de côté les idées anciennes qui n'ont plus cours dans la science. Devons-nous croire avec M. Liebig que le plâtre ait pour objet la fixation des sels ammoniacaux (1) ou avec M. Dehérain qu'il serve à rendre la potasse du sol plus soluble, par suite plus assimilable (2)? On bien faut-il nous ranger à l'opinion de Davy qui pensait que le plâtre entre par ses éléments dans la constitution des végétaux. Mais alors est-ce le soufre, le calcium ou bien l'un et l'autre qu'il faut considérer comme essentiels? Toutes ces hypothèses sont possibles parce qu'elles reposent sur des faits réels; mais aucune d'elles n'est véritablement démontrée.

Les engrais organiques donnent lieu à des remarques analogues. Parmentier ne leur attribuait que le rôle de condenser les éléments de l'air et de l'eau nécessaires à la végétation. Davy (3) pensait qu'ils fournissent aux végétaux les éléments de leur

(1) Liebig, *Chimie organique, etc.*, p, 88.

(2) *Annales des sciences naturelles,* 4e série, 1862, et *Annales du Conservatoire des arts et métiers,* 1865.

(3) Davy, *Éléments de chimie appliquée à l'agriculture.*

propre substance. M. Liebig posait en principe que les éléments minéraux du fumier sont les seuls qui aient une importance capitale (1). M. Boussingault contribua puissamment à faire triompher cette opinion, que, dans les engrais, l'azote doit être estimé en première ligne, principalement l'azote à l'état d'ammoniaque, et que les substances minérales phosphatées ont une moindre importance.

Ce principe s'appuyait à l'origine sur les observations d'Hermbstœd qui démontra que les engrais les plus azotés donnent les céréales les plus riches en gluten; sur celles de Thaer qui indiqua les engrais les plus azotés comme les plus actifs, et sur celles de Davy qui remarqua que les engrais très-chargés d'ammoniaque impriment à la végétation une vigueur extraordinaire

Ces faits prouvaient simplement que le dosage de l'azote, principalement à l'état d'ammoniaque, donne en général la mesure de la valeur agricole d'un engrais. Mais ils pouvaient fort bien s'expliquer par l'action de quelque composé en relation constante dans les engrais avec la matière azotée. Ainsi ils ne démontraient pas l'efficacité des composés de l'azote, en particulier de l'ammoniaque sur la végétation, ils la faisaient seulement pressentir. Ils ne constituaient donc pas la base d'une théorie.

J'en dirai autant des assolements dont l'usage repose sur ce fait d'observation : une terre qui a fourni une ample moisson d'un végétal pourra être épuisée pour ce végétal, et donner cependant une abondante récolte d'une autre espèce convenablement choisie. Davy expliquait ce remarquable phénomène par la diversité des éléments que des plantes d'espèces différentes empruntent aux engrais, tandis que M. Liebig l'attribuait aux éléments minéraux du sol que les plantes absorbent inégalement (2); M. Boussingault à l'azote, que certains végétaux empruntent au sol, d'autres à l'atmosphère (3). Ces diverses opinions s'appuyaient sur des faits réels; mais il eût fallu démontrer qu'ils étaient en relation avec le phénomène observé.

(1) Liebig, *Chimie organique appliquée, etc.*, p. 94 et suivantes.

(2) Liebig, *Chimie appliquée*, p. 161.

(3) *Annales de chimie et de physique*, 1841, t. I, p. 208.

La méthode mixte nous découvre la marche à suivre pour décider entre toutes ces hypothèses, et fonder sur une base sûre la théorie chimique de la pratique agricole : en essayant sur une culture déterminée l'action de chaque composé défini dont se compose un engrais ou un amendement, on appréciera avec certitude la part d'influence qui revient à chacun d'eux. De même en recherchant quels sont les principes des engrais qui rendent un sol, épuisé par une espèce de plante, fertile pour cette même espèce, on reconnaîtra quels sont les éléments dont l'absence amène la stérilité. Ces questions, en apparence si complexes, se résument donc dans les expériences rationnelles de la méthode mixte sur l'influence des *composés chimiques définis* dans la végétation. Par exemple, que l'activité du noir animal, de la poudre d'os, tient principalement à l'acide phosphorique ; que la matière azotée a le plus d'importance dans les engrais organiques ; que l'acide phosphorique y joue également un certain rôle, etc.

Il y a plus : les expériences dont je parle ont été faites, surtout en Angleterre, dans un but pratique ; on a cherché à suppléer à l'insuffisance des engrais naturels par des mélanges de sels chimiques (engrais chimiques) appropriés aux végétaux.

En rendant ainsi au sol tous les éléments de fertilité *nécessaires* à chaque espèce de végétal et rien de plus, on peut obtenir des récoltes très-abondantes en utilisant toutes les parties de l'engrais. On peut aussi s'affranchir plus ou moins de la nécessité des assolements, puisqu'on communique à un terrain une fertilité très-grande pour une espèce quelconque sans rien perdre de l'engrais employé. Au point de vue de la culture il y a là certainement un progrès ; mais au point de vue économique, la question est plus complexe : lorsque, comme en Angleterre, on a besoin, à quelque prix que ce soit, d'obtenir des cultures intensives, les engrais chimiques peuvent rendre de grands services, je n'y contredis point. Mais je doute fort qu'ils puissent être généralisés avec avantage. Je me demande si, en principe, il est rationnel d'extraire à grands frais certains sels chimiques des matières premières de la nature ou des résidus industriels de toute

espèce, pour les offrir ainsi préparés aux végétaux, alors que ceux-ci ont la merveilleuse propriété d'extraire eux-mêmes ces sels des mélanges les plus complexes. L'industrie me paraît inspirée d'idées plus vraies lorsque, suivant une voie inverse, elle utilise les végétaux pour faire une première sélection parmi les sels multiples des terrains, et isoler ensuite dans les cendres de ces végétaux les sels définis dont elle a besoin.

Résultats généraux de la méthode mixte. — Les progrès que la chimie des grands végétaux doit à la méthode mixte peuvent se résumer par les propositions suivantes :

Les expériences rationnelles de cette méthode ont mis hors de doute l'influence favorable qu'exercent sur le développement des végétaux certains composés chimiques définis ajoutés au sol : divers composés azotés tels que les nitrates, les sels ammoniacaux, les composés organiques de l'azote ; les phosphates, les sulfates, les sels de potasse, etc. ; résultats sur lesquels l'analyse ou les faits pratiques ne donnent que des aperçus très-incomplets.

Ces mêmes expériences nous apprennent que les effets physiologiques de ces composés sont dus respectivement à l'azote, à l'acide phosphorique, à l'acide sulfurique, à la potasse, etc.

Elles ne nous donnent aucune indication directe sur le rôle de ces éléments.

Mais nous ne pouvons nous empêcher de remarquer que ces résultats se relient à ceux de la méthode analytique : vraisemblablement l'azote, l'acide phosphorique, la potasse, l'acide sulfurique dont la méthode mixte constate l'efficacité, servent à fournir aux plantes l'azote, le phosphore, le potassium, le soufre, qui paraissent, d'après les résultats de l'analyse, contribuer avec le carbone, l'hydrogène, l'oxygène, à la formation des organes des végétaux.

Enfin la méthode mixte donne à la théorie des engrais, des amendements et des assolements une base solide, en même temps qu'elle conduit à une modification importante de la pratique agricole.

La méthode mixte, aidée de l'analyse qui en fait essentiellement partie, est donc plus féconde que la méthode analytique proprement dite. Aussi lui est-elle postérieure, car c'est de 1840 à 1850 qu'elle a acquis tout son développement.

En résumé, les deux méthodes précédentes ont déjà tracé quelques traits de la théorie chimique de la végétation, et pourtant on sent combien cette esquisse est encore vague et incomplète, précisément dans les parties les plus essentielles.

III. — Méthode synthétique.

Existe-t-il un milieu formé de composés chimiques définis dans lequel un végétal puisse se développer? Telle est la question sur laquelle repose la méthode synthétique tout entière.

Possibilité du développement des végétaux dans un milieu artificiel formé des éléments de l'air et de l'eau. — Les faits les plus vulgaires, la germination des graines à l'humidité, la conservation des fleurs par l'eau, ont dû donner naissance à cette hypothèse, que peut-être l'air et l'eau suffiraient au développement des plantes. Cette vue parut confirmée par les expériences de Duhamel (1), d'Ingenhousz (2), de Tillet (3), qui firent pousser des végétaux dans des milieux formés uniquement par l'air et par l'eau. Cependant Duhamel et Ingenhousz avaient employé de la mousse ou du liége pour fixer leurs plantes; Tillet avait enterré dans le sol les vases poreux dont il se servait : les végétaux avaient donc peut-être puisé leur nourriture dans les matières organiques de la mousse, du liége ou du sol. Hassenfratz (4) répondit à cette objection par quelques expériences mieux conçues : dans des vases de verre, il fit germer des graines maintenues à la surface de l'eau dans de petits entonnoirs ou sur des

(1) *Mémoires de l'Académie des sciences*, 1748, p. 272.
(2) Ingenhousz, *Expériences sur les végétaux*, p. 387.
(3) *Mémoires de l'Académie des sciences*. 1772, p. 99.
(4) *Annales de chimie*, t. XIII, p. 179.

fils métalliques, et il obtint des plantes rudimentaires qui allèrent jusqu'à donner des feuilles et des fleurs. Ces plantes s'étaient en réalité développées uniquement dans l'air et dans l'eau. Mais la matière des graines n'avait-elle fait qu'accroître son volume et changer de forme sans augmenter de poids, ou bien s'était-il produit réellement de la matière organisée aux dépens de l'air et de l'eau? C'est ce point resté obscur que Th. de Saussure (1) réussit à élucider : il sema des graines dans du sable ou dans d'autres sols inertes contenus dans des vases de verre, les arrosa avec de l'eau pure, et obtint des plantes, qui, à l'état sec, pesèrent plus que les graines et fournirent plus de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Le fait de la production de matière organisée par les substances de l'air et de l'eau était désormais incontestable.

Ce principe une fois établi nous conduit naturellement à rechercher quels sont parmi les corps simples ou composés de l'air et de l'eau ceux qui participent nécessairement au développement des végétaux : on voit sans peine que la solution de ce problème se trouve dans la suppression successive de chacun des éléments de l'air et de l'eau et dans la mesure des effets produits sur le végétal par cette modification.

Des éléments de l'air et de l'eau essentiels à la végétation. — L'absolue nécessité de l'*eau* dans la végétation des plantes est trop connue pour que j'aie besoin de m'y arrêter.

Ingenhousz (2) établit que l'*oxygène* de l'air est un élément essentiel à la végétation : car des graines privées d'oxygène ne germèrent point, et des plantes déjà développées périrent promptement à l'obscurité, moins vite à la lumière, dans des gaz dépouillés d'oxygène. Mais c'est de Saussure qui précisa jusqu'à quel point cet élément est nécessaire à la vie des plantes : il démontra que les parties vertes des végétaux peuvent s'en passer à la lumière; que les parties vertes à l'obscurité, et les autres

(1) Th. de Saussure, *Recherches chimiques sur la végétation*, p. 39 et 225.
(2) Ingenhousz, *Expériences sur les végétaux*.

parties dans toutes les circonstances en ont absolument besoin, et qu'une plante entièrement privée de ce gaz périt plus ou moins promptement, même à la lumière.

Priestley (1) n'obtint sur l'action de l'*acide carbonique* dans la végétation, que des résultats contradictoires : il vit ce gaz nuire souvent et quelquefois aider au développement des végétaux. Néanmoins la singularité même de ces faits attira l'attention des physiologistes, et Senebier, tout en reconnaissant qu'une trop forte proportion d'acide carbonique est nuisible aux plantes, pressentit, d'après ses propres expériences, qu'une petite quantité de ce gaz leur est utile. Mais c'est encore de Saussure (2) qui détermina exactement la loi des effets de ce gaz sur les végétaux ; il constata qu'à l'ombre la moindre quantité d'acide carbonique retarde la végétation ; qu'à la lumière, si un excès de ce gaz est nuisible, une petite quantité active singulièrement les progrès de la végétation ; et même il fit cette importante observation, qu'un végétal n'augmente réellement de poids qu'autant qu'il vit partiellement à la lumière et dans l'acide carbonique.

L'*azote* de l'air n'est pas indispensable à la vie des plantes : M. Ch. Mène et divers expérimentateurs ont pu le supprimer et le remplacer par d'autres gaz inertes, sans que la végétation ait paru en souffrir.

Mais il ne suffit pas de connaître les éléments du milieu extérieur utiles à la vie des plantes ; il importe encore d'en rechercher avec soin les transformations chimiques, afin de déterminer le rôle de chacun d'eux.

Étude par la méthode directe des transformations des éléments de l'air par les végétaux, ou étude de la respiration. — Les modifications chimiques que les végétaux font subir à l'atmosphère constituent le phénomène chimique de la respiration des plantes ; les travaux qui s'y rattachent sont considérables ; je me contenterai de les examiner rapidement dans leur ensemble.

(1) Priestley, *Expériences et observations sur différentes espèces d'air.*

(2) De Saussure, *Recherches chimiques sur la végétation*, p. 27.

Vers le milieu du XVIII^e^ siècle, Bonnet observa que des feuilles plongées dans l'eau, au soleil, se couvrent de bulles de gaz. Priestley (1) remarqua que les végétaux tantôt améliorent, et tantôt gâtent davantage l'air vicié par la respiration des animaux. Ces faits isolés appelèrent l'attention des savants, et bientôt Ingenhousz (2) et Senebier (3) découvrirent la loi générale de la respiration des plantes : Ingenhousz démontra que les végétaux à l'ombre absorbent l'oxygène de l'air, et dégagent de l'acide carbonique, et que ce phénomène, loin d'être le résultat d'une altération des végétaux, est lié à leur développement. Il prouva également que les plantes, sous l'influence de la lumière, dégagent de l'oxygène de leurs parties vertes, et Senebier compléta cette découverte en y ajoutant le fait de l'absorption de l'acide carbonique, corrélativement au dégagement de l'oxygène.

Cependant il restait à étudier les circonstances essentielles du phénomène de la respiration : c'est ce travail qu'entreprit Th. de Saussure (4). Avant tout il s'assura que le dégagement de l'acide carbonique à l'obscurité, comme aussi l'absorption de ce gaz au soleil, sont des phénomènes essentiels à la vie, en relation avec l'absorption et le dégagement de l'oxygène, proposition qui soulevait encore bien des contestations. Alors il suivit dans différents cas ces variations de l'acide carbonique et de l'oxygène, et il eut soin de les mesurer avec toute l'exactitude possible. Il établit que les feuilles ordinaires, à la lumière, absorbent de l'acide carbonique, qu'elles remplacent par un volume un peu moindre d'oxygène; qu'à l'obscurité elles absorbent de l'oxygène et dégagent un égal volume d'acide carbonique. Il démontra encore que les organes privés de matière verte respirent en tout temps comme les feuilles pendant la nuit. C'est à ces cas simples qu'il rattacha tous les autres : la respiration des organes verts charnus (fruits et feuilles charnues); la respiration totale des feuilles placées pendant plusieurs jours et plusieurs nuits dans

(1) Priestley, *Expériences et observations sur différentes espèces d'air.*

(2) Ingenhousz, *Expériences sur les végétatux.*

(3) Sennebier, *Expériences sur l'action de la lumière solaire dans la végétation.*

(4) Th. de Saussure, *Recherches chimiques sur la végétation.*

un mélange d'acide carbonique et d'oxygène non renouvelés ; la respiration des plantes vertes dans un air confiné ; enfin celle des plantes vertes à l'air libre. Voici le résultat final et le plus essentiel de toutes ses recherches : lorsqu'une plante verte a respiré pendant plusieurs jours et plusieurs nuits dans un mélange d'oxygène et d'acide carbonique, une portion de l'acide carbonique extérieur a disparu ; le carbone est fixé dans la plante, et l'oxygène dégagé à peu près en entier.

Les efforts des nombreux expérimentateurs qui ont suivi la voie tracée par de Saussure n'ont eu d'autre but que de mieux séparer les diverses circonstances du phénomène de la respiration, et de les faire varier successivement pour apprécier l'influence de chacune d'elles.

MM. Corenwinder (1), Cloëz (2), Boussingault (3), à l'aide de feuilles ou même de portions de feuilles diversement colorées, cherchèrent comment varient les produits de la respiration avec l'étendue, la couleur, la structure de la feuille qui respire. Les études de Th. de Saussure, de Bérard (4), de MM. Fremy et Decaisne (5), de M. Cahours (6) sur la respiration des fruits, nous intéressent non-seulement à cause de l'importance de ces organes, mais aussi parce qu'elles font intervenir dans le phénomène de la respiration le degré de pureté de la matière verte et le rapport de la surface d'un organe à son volume. M. de Fauconpret (7) a examiné l'influence de la température, M. Corenwinder (8) celle de l'intensité de la lumière sur la production ou la décomposition de l'acide carbonique. M. Garreau (9) a fait varier et la température et l'intensité de la lumière, et la nuance de la matière verte. Les expériences de l'abbé Tessier, de Paggioli, de

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1863, t. LVII, p 915.
(2) *Ibid.*, 1863, t. LVII, p. 834.
(3) *Ibid.*, 1866, t. LXIII, p. 706.
(4) *Annales de chimie et de physique*, t. XVI, p. 152.
(5) *Comptes rendus*, t. LVIII, p. 656.
(6) *Comptes rendus*, t. LVIII. p. 495.
(7) *Comptes rendus*, t. LVIII, p. 334.
(8) *Ibid.*, t. LXII, p. 340.
(9) *Annales des sciences naturelles*, 3e série, Botanique, t. XV, p 5.

Gilby, de Payer, mirent hors de doute l'influence de la réfrangibilité des rayons lumineux sur le phénomène de la respiration : mais elles donnèrent souvent des résultats contradictoires. M. C. M. Guillemin (1), en 1857, reprit la même question avec toute la précision que comporte la physique moderne. Il signala les causes de désaccord des résultats obtenus avant lui : d'une part les rayons lumineux dont on s'était servi n'étaient pas des rayons simples, de l'autre l'activité respiratoire des plantes avait été mesurée par des effets différents qui n'étaient pas proportionnels. Il constata que les végétaux sont sensibles à l'action de tous les rayons du spectre solaire, même des rayons chimiques et calorifiques; que les divers effets de la lumière sur les végétaux, c'est-à-dire la décomposition de l'acide carbonique, la production de la matière verte, la flexion directe et la flexion latérale des tiges varient en grandeur d'une extrémité à l'autre du spectre ; et que chacun d'eux peut être représenté par une courbe distincte présentant un ou plusieurs maxima.

MM. Cloëz et Gratiolet (2), Van Tieghem et Lechartier rattachèrent la respiration des plantes aquatiques aux lois générales de la respiration aérienne; le mode de végétation de ces plantes leur permit d'étudier le cas de la respiration dans un milieu très-différent de l'air sans sortir les végétaux de leur état normal, et de suivre le mouvement des gaz respiratoires qu'il est impossible de distinguer dans l'air atmosphérique.

Plusieurs observateurs, tels que Bérard, MM. Calvert et Ferrand (3) se sont aussi préoccupés de comparer la respiration des organes isolés à celle d'organes identiques attachés à la plante mère.

De toutes ces expériences il résulte que le phénomène de la respiration est un phénomène complexe qui varie en raison de l'intensité de la lumière, de la réfrangibilité des rayons, de la

(1) *Annales des sciences naturelles*, t. VII, 1857, p. 154.
(2) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XXXII, p. 41.
(3) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. II, p. 477.

température, de la quantité et de la nuance de la matière verte, du volume de l'organe qui respire, etc., etc.

Il en résulte encore que la composition du milieu extérieur exerce sur la respiration d'un organe une influence capitale; si les lois qui s'y rattachent, dans les travaux que j'ai cités, ne présentent pas toujours assez de netteté et de constance dans les détails, c'est qu'on n'a pas en général étudié la respiration des plantes dans des milieux de composition très-simple, constante pendant le cours d'une expérience, et soumise à des variations simples d'une expérience à une autre : il y aurait peut-être intérêt à reprendre l'étude de la respiration à ce point de vue, soit par le procédé que MM. Reiset et Regnault ont appliqué à la respiration des animaux, soit par la méthode indirecte qui sera exposée plus loin (1).

Pour compléter l'examen des éléments gazeux de l'atmosphère, il nous reste à rechercher si l'azote de l'air varie par la respiration des végétaux.

Priestley et Ingenhousz crurent à une absorption de ce gaz par les plantes; de Saussure observa à la lumière un dégagement d'azote par les feuilles. M. Ch. Mène (2) trouva que la végétation n'altère pas le volume de l'azote de l'air.

Ces expériences prouvent simplement que le volume de l'azote de l'air varie peu par le fait de la végétation; mais elles manquent de précision à cause de l'énorme volume d'azote qu'on est obligé de mesurer; il y a là une cause d'erreur qu'on pourrait éviter en étudiant dans leur milieu naturel les végétaux aquatiques. C'est ce qu'ont fait MM. Cloëz et Gratiolet, Van Tieghem et Lechartier, et ils ont toujours obtenu à la lumière des gaz mêlés d'une notable proportion d'azote. Mais cet azote venait-il de la matière azotée du végétal ou bien de l'azote libre dissous dans l'eau ou enfermé dans les pores de l'organisme? M. Boussingault leva cette difficulté en mesurant l'azote libre de l'eau et des plantes avant et après l'expérience, et il constata l'invariabilité de ce gaz (3).

(1) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XXVI, p. 299.

(2) *Comptes rendus*, t. XXXII, p. 180.

(3) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. LXVI, p. 295.

La méthode qui a servi aux expériences que je viens de rapporter mérite de fixer notre attention : elle consiste à doser dans le milieu extérieur, avant et après la végétation, l'élément dont on veut apprécier le dégagement ou l'absorption par le végétal : c'est la *Méthode directe.*

Étude par la méthode indirecte des transformations des éléments de l'air et de l'eau par les végétaux. — Mais on pourrait atteindre le même but par une *méthode indirecte* en dosant l'élément dont je viens de parler dans la plante elle-même avant et après la végétation.

C'est par l'examen des recherches qui se rattachent à cette seconde méthode que je compléterai l'étude de la respiration.

Ces deux méthodes, en effet, ne sont pas seulement destinées à se vérifier l'une l'autre ; elles ont encore des caractères bien tranchés qui doivent les faire préférer tour à tour suivant la nature des questions que l'on doit traiter.

Prenons pour exemple la question de l'absorption ou du dégagement de l'azote gazeux par les végétaux :

La *méthode directe* qui repose sur la mesure des volumes de gaz est plus commode, plus rapide que la *méthode indirecte* qui a recours à l'analyse organique élémentaire. Mais la première méthode recherche l'azote disséminé dans une grande quantité de matières ; les volumes d'azote mesurés sont considérables par rapport à la variation de ce gaz qu'on veut constater ; enfin c'est à l'état gazeux que s'effectuent les dosages de cet élément. Au contraire, dans la méthode indirecte, on mesure l'azote ramassé dans le volume toujours faible de la plante ; les quantités d'azote dosées sont moins fortes par rapport à la variation de ce corps simple qu'il s'agit d'apprécier ; enfin, si l'on emploie le procédé de M. Peligot, on peut évaluer l'azote condensé sous un très-petit volume. Évidemment la méthode indirecte a pour elle l'avantage de la précision.

En ce qui concerne l'azote, les résultats approximatifs, obtenus par la méthode directe, suffisent tant qu'on n'a en vue que l'étude d'un végétal déterminé. Mais la question change d'aspect si on l'envisage dans ses rapports avec les faits généraux. Ainsi

la quantité de végétaux répandus à la surface de la terre est si considérable, que la plus minime proportion d'azote absorbée ou exhalée par une plante devient, avec le temps, pour l'air atmosphérique, une cause d'altération appréciable. De même, en agriculture, suivant que l'azote est absorbé ou dégagé par les plantes, en si petite quantité que ce soit, il en résulte, avec le temps, pour la ferme, un gain ou une perte très-appréciable de composés azotés, dont il importe de tenir compte. Telles sont les considérations qui ont engagé M. Boussingault à reprendre la question des variations de l'azote de l'air dans l'acte de la végétation, avec toute la précision de la méthode indirecte.

En 1837 et 1838 l'éminent agronome fit végéter des plantes dans un sol aride à l'air libre : en dosant l'azote des graines et des récoltes correspondantes, il trouva pour le blé, l'avoine, etc. (plantes épuisantes), des résultats identiques; mais le trèfle, les pois, etc. (plantes améliorantes), donnèrent dans les récoltes des excédants d'azote fort appréciables (1).

Le problème était à peu près résolu au point de vue de la pratique ; certaines espèces de plantes étaient capables de prendre de l'azote à l'atmosphère. Mais théoriquement il restait à décider si cet azote absorbé avait pour origine l'azote gazeux ou bien certains composés azotés de l'atmosphère : cette dernière hypothèse s'accrédita, surtout à la suite des travaux qui démontrèrent l'existence normale de l'ammoniaque et de l'acide nitrique dans l'air ambiant.

C'est dans cette vue que M. Boussingault, en 1851, reprit ses premiers essais ; seulement il eut soin de faire végéter ses plantes non plus à l'air libre, mais dans un volume restreint d'acide carbonique et d'air atmosphérique mélangés, dont les composés azotés étaient tout à fait négligeables. Les résultats furent négatifs (2).

Pour s'assurer que la stagnation de l'air qui entravait peut-être la marche de la végétation, n'avait point été un obstacle à l'absorption de l'azote, M. Boussingault recommença ses expé-

(1) *Annales de chimie et de physique*, t. LXVII, p. 5, et t. LXIX, p. 353.
(2) *Annales de chimie et de physique*, t. XLI, p. 5, et t. XLIII, p. 149.

riences avec une circulation d'air convenablement purifié ou même à l'air libre dans des conditions spéciales; les résultats furent encore négatifs (1). Pour rechercher si une végétation plus vigoureuse ne donnerait pas aux plantes la force d'absorber l'azote libre, il ajouta au sol des engrais minéraux et azotés; les résultats persistèrent à être négatifs; l'azote de l'air ne fut point absorbé (2).

M. Boussingault a apporté jusque dans les moindres détails de ces dernières expériences une précision qui défie toute critique, et qui, inconnue jusque-là dans ce genre de recherches, n'a point été dépassée. C'est là une sérieuse garantie de l'exactitude des résultats. Mais il y a, même dans les expériences les plus irréprochables, des causes d'erreurs dont on doit, avant de conclure, déterminer l'influence sur les nombres obtenus, précaution trop souvent négligée dans les recherches de physiologie, là précisément où la complication des phénomènes la rend plus nécessaire. Or les résultats de M. Boussingault ne sauraient être attribués à des erreurs d'expérience; ils portent en eux-mêmes la preuve certaine de leur exactitude. En effet, M. Boussingault a toujours retrouvé après chaque expérience, dans les produits de la végétation, tout l'azote combiné des semences et du sol, à 2 ou 3 milligrammes près. Cette légère différence se compose : 1° de l'azote qui a pu être absorbé ou exhalé pendant la végétation; 2° de l'erreur totale d'expérimentation. Ces deux termes sont *indépendants* l'un de l'autre, et puisque leur somme est *constamment* plus petite que 3 milligrammes, chacun d'eux doit être moindre que cette quantité. Voici donc la conclusion rigoureuse et certaine à laquelle nous sommes conduits : les végétaux que M. Boussingault a soumis à ses expériences, dans les conditions où il s'est placé, n'absorbent pas l'azote de l'air en quantité supérieure aux limites d'erreur que comportent les procédés les plus exacts de l'analyse organique élémentaire.

M. G. Ville a étudié la même question par la même méthode; et il a généralement obtenu dans les récoltes plus d'azote que

(1) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, 1855, t. XLIII, p. 149.

(2) *Annales de chimie et de physique*, 1856, t. XLVI, p. 5.

les graines et les engrais n'en contenaient ; cet excédant augmentait avec la vigueur des végétaux, et était plus fort pour les plantes améliorantes que pour les plantes épuisantes (1).

Je ne conteste pas le mérite de ces nombreuses expériences ; mais M. G. Ville ne paraît pas s'être astreint aussi rigoureusement que M. Boussingault à réduire le plus possible l'azote combiné que le sol, l'air, les vases, etc., apportent accidentellement dans les expériences ; à doser directement et en totalité l'azote de ces matières ; à ne fonder aucun raisonnement sur des analogies plus ou moins lointaines ; à n'accorder aucune place aux hypothèses même les plus vraisemblables. Est-ce à ces imperfections ou bien à une absorption réelle qu'il faut attribuer l'azote en excès des récoltes? c'est là le nœud de la question.

Or, *dans un certain nombre de cas*, M. Boussingault et M. Ville ont expérimenté dans des conditions semblables et pourtant leurs résultats sont en désaccord ; si donc, comme je pense l'avoir démontré, les résultats de M. Boussingault sont exacts, ceux de M. G. Ville doivent être mis sur le compte des causes d'erreur que j'ai signalées. *Dans d'autres cas*, M. Ville s'est plus ou moins éloigné des conditions des expériences de M. Boussingault ; mais les excès d'azote dans les récoltes ont encore été de même ordre de grandeur que ceux des premières expériences ; on ne saurait donc les attribuer avec certitude à l'absorption de l'azote de l'air par les plantes, plutôt qu'aux erreurs d'expérimentation.

Si donc il m'était permis d'émettre une opinion sur une question aussi délicate, aussi controversée, voici comment je la formulerais : dans un certain nombre de cas, parfaitement déterminés, les végétaux n'absorbent pas l'azote libre en quantités supérieures aux limites d'erreur des analyses les plus exactes ; mais on ne saurait affirmer qu'ils ne l'absorbent pas absolument. Dans tous les autres cas, il règne encore beaucoup d'incertitude sur le fait de l'absorption de l'azote libre par les plantes.

(1) *Comptes rendus*, t. XXXI, p. 578, 1850, et t. XXXV, 1852. — *Annales de chimie et de physique*, t. XLIX, p. 197.

La méthode indirecte convient encore admirablement pour déterminer le résultat final de l'action de l'acide carbonique et de l'eau sur le développement des plantes dans les milieux artificiels.

C'est ainsi que de Saussure (1), par le dosage direct du carbone dans les végétaux, vérifia ce que la méthode indirecte lui avait indiqué moins sûrement : que dans l'acte de la végétation, le carbone de l'acide carbonique décomposé est fixé dans les plantes. Il reconnut également que l'excès du poids des récoltes sur celui des graines est de beaucoup supérieur au poids du carbone fixé, d'où il conclut que les éléments de l'eau entrent en combinaison dans l'organisme.

Plus tard, M. Boussingault (2) précisa ces faits, et constata que le phénomène de la végétation dans un milieu artificiel se résume en un gain de carbone, d'oxygène et d'hydrogène en excès par rapport à l'oxygène, qui ne peuvent avoir pour origine que l'acide carbonique et l'eau. Inversement, il constata dans la germination une perte de ces trois corps simples, avec production d'acide carbonique et d'eau (3).

Ces études seraient incomplètes si l'analyse immédiate ne succédait à l'analyse élémentaire pour suivre les transformations des principes définis des végétaux, d'abord dans la masse de l'organisme, ensuite avec l'aide du microscope, dans chacun des organes élémentaires à la formation desquels ils participent. J'ai déjà indiqué dans l'exposé de la méthode analytique les principaux caractères de ces sortes de recherches. Elles trouvent de nouvelles ressources dans la méthode synthétique; cette méthode, en simplifiant les phénomènes chimiques de la vie, simplifie l'analyse des principes immédiats des végétaux en même temps qu'elle permet d'en saisir les rapports avec les éléments du sol et de l'atmosphère.

Aussi de sérieux travaux ont été entrepris dans cette direction et ont singulièrement éclairé l'étude des réactions intimes des

(1) *Recherches chimiques sur la végétation*, p. 39.

(2) Boussingault, *Économie rurale*, t. I, p. 73 et suivantes.

(3) *Comptes rendus*, p. 40 et suivantes.

végétaux, en particulier de celles qui accompagnent la germination ; je citerai principalement les recherches de M. Boussingault (1) sur les transformations des principes ternaires de la graine pendant qu'elle végète à l'obscurité, celles de MM. Oudemans et Rauwenhoff sur la germination (2), et les études micrographiques de Th. Hartig (3), J. Sachs (4), A. Gris, etc. (5).

Loi de la statique chimique des êtres vivants. — Telle est la marche générale qui a été suivie dans l'étude des rapports des éléments de l'air et de l'eau avec la végétation. Parmi toutes les découvertes que j'ai signalées, il faut remarquer le résultat définitif des recherches de Th. de Saussure : l'acide carbonique et l'eau fournissant aux végétaux du carbone, de l'oxygène et de l'hydrogène, avec élimination d'oxygène ; des composés minéraux se transformant en matière organisée, voilà assurément un fait bien digne d'être médité ; c'est peut-être le plus grand progrès que la chimie des végétaux ait jamais accompli. Je vais en donner la preuve : on se rappelle que la méthode analytique et la méthode mixte n'ont pu relier par des lois simples tous les phénomènes de la végétation. Mais il suffira de rapprocher quelques-uns des faits épars, constatés par ces deux méthodes, de l'important résultat de Th. de Saussure, pour composer la loi générale de la chimie des êtres vivants ; cette loi que MM. Liebig et Dumas ont conçue à peu près en même temps, M. Dumas l'a exprimée d'une manière plus complète, plus précise et plus vraie. Elle se résume dans cette formule (6) :

(1) *Comptes rendus*, 1864, t. LVIII, p. 917.
(2) *Linnæa*, XIV, 1859, p. 213.
(3) *Entwicklungsgeschichte der Pflanzen.*
(4) *Sitzungsbericht..... der kais. Akad. der Wiss.* Wien 1859.
(5) *Annales des sciences naturelles*, t. II, p. 5, 1864.
(6) *Annales de chimie et de physique*, t. IV, p. 115, 3e série.

UN VÉGÉTAL :	UN ANIMAL :
Produit des matières sucrées, grasses, albuminoïdes.	*Consomme* des matières sucrées, grasses, albuminoïdes.
Réduit avec dégagement d'oxygène :	*Produit* en absorbant de l'oxygène :
CO^2	CO^2
HO	HO
AzH^4O.	AzH^4O
Absorbe de la chaleur.	*Dégage* de la chaleur.
Est immobile.	*Se meut.*

Sans doute cette loi est incomplète, elle laisse de côté une classe d'êtres (les êtres microscopiques) dont la place dans le cercle de la vie a été assignée par des travaux plus récents ; elle n'indique pas les rapports des êtres vivants avec les corps simples autres que le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote. Mais cette loi a suscité des travaux de premier ordre; elle a reçu la sanction de l'expérience, et la base qu'elle offre à la théorie chimique des êtres vivants est inébranlable.

Insuffisance des éléments de l'air et de l'eau pour produire des végétations normales. — Avant de poursuivre le cours de ces études, il importe de mesurer le chemin que la méthode synthétique a parcouru jusqu'ici : cette méthode, nous l'avons vu, a été fondée par les expériences qui établirent que la matière organisée peut se produire à l'aide des composés définis de l'air et de l'eau ; dès lors des problèmes d'une haute portée ont été posés, poursuivis, résolus pour la plupart. Mais le phénomène chimique de la végétation est-il enfermé tout entier dans le cercle étroit des réactions de deux ou trois éléments : l'eau, l'acide carbonique, l'oxygène? N'entrevoyons-nous rien au delà de ces limites? Cette question se confond avec celle-ci : les éléments de l'air et de l'eau, suffisants pour former de la matière organisée, suffisent-ils à donner à un végétal tout le développement qu'il peut acquérir dans les conditions les plus favorables?

Van Helmont, Boyle, Tillet, Braconnot, semblèrent résoudre affirmativement cette question, car ils obtinrent dans un sol inerte, à l'aide des éléments de l'air et de l'eau, des plantes vigoureuses qui donnèrent naissance à des graines qui furent plusieurs fois resemées. Mais à la simple lecture de leurs mémoires,

on reconnaît bien vite qu'une foule de substances étrangères à l'air et à l'eau ont dû s'introduire dans leurs essais. D'autre part, Duhamel vit un chêne maintenu dans l'eau prospérer d'abord, et après quelques années ralentir ses progrès. Hassenfratz n'obtint, des graines qu'il semait sur l'eau, que des plantes rudimentaires, qui produisirent des fleurs et non des graines. Mais peut-être l'absence d'un sol mécanique solide était-elle une condition défavorable à la végétation. De Saussure fit des expériences analogues, en se rapprochant davantage des conditions de la nature par l'emploi d'un sol poreux inerte, et il ne réussit encore à produire que des plantes fort incomplètes.

Il est donc hors de doute que les éléments de l'air et de l'eau ne suffisent pas au développement normal et régulier des végétaux. Dès lors le phénomène de la végétation, tel que nous l'avons étudié jusqu'ici, n'est qu'un phénomène incomplet; il ne paraît avoir que des rapports fort éloignés avec les phénomènes naturels, et ainsi restreint, il perd une partie de l'intérêt immense qu'il paraissait offrir (1).

Possibilité d'accroître considérablement par l'addition de certains sels, les récoltes fournies par les éléments de l'air et de l'eau. — Il en serait autrement si, en ajoutant à l'air et à l'eau *certains composés chimiques définis*, on parvenait à accroître dans un rapport assez grand le poids des récoltes : on réaliserait un progrès considérable qui conduirait infailliblement à de nouvelles découvertes. A priori, rien ne prouve la possibilité de ce progrès, car

(1) Les recherches sur la végétation dans les milieux artificiels sont de même ordre que les recherches de Magendie sur la nutrition des animaux avec des mélanges de composés chimiques définis : sucre, matière grasse, albumine. Cet illustre physiologiste réussit à soutenir pendant quelque temps la vie d'animaux soumis au régime de ces mélanges; mais il ne put les maintenir longtemps en état de santé; la nourriture artificielle dont il se servait était donc insuffisante pour les animaux, de même que l'air et l'eau ne suffisent pas au développement des végétaux. Magendie, malgré ses efforts, ne put composer un aliment complet. Du moins il indiqua la condition essentielle du progrès de cette question à laquelle il attachait une grande importance : « séparer de la viande un principe qui, réuni à l'albumine, à la gélatine, à la fibrine, » les convertisse en aliments suffisants pour les Carnivores. » *Comptes rendus*, t. XIII p. 237.

rien ne démontre qu'il existe un mélange artificiel de composés définis, qui puisse remplacer vis-à-vis des végétaux les matières naturelles des engrais formées sous l'influence de la vie. C'est à l'expérience seule à nous dire si ce progrès est réalisable, et à qui nous devons en attribuer le mérite.

Les expérimentateurs qui s'occupèrent de cette question furent utilement guidés, par les résultats de la méthode mixte et de la méthode analytique, dans la recherche de substances propres à fertiliser les sols arides des expériences qui précèdent. Wiegmann et Polstorff, dans du sable mêlé de divers sels et d'un précipité chimique extrait de la tourbe, obtinrent des végétaux plus vigoureux que dans le sable pur. Mais cet extrait de tourbe était trop indéterminé pour être classé parmi les composés chimiques définis, et le but que nous avons en vue n'était pas atteint (1).

Le prince de Salm comprit mieux la question lorsqu'il fit végéter de l'avoine dans du sable exclusivement mêlé de sels. Les plantes allèrent jusqu'à donner des graines, et les récoltes furent plus fortes que dans le sable pur. Mais les résultats ne furent ni assez constants, ni assez précis pour servir de bases à des expériences exactes (2).

Les premières expériences décisives sur cette question sont dues à M. Boussingault (3).

En 1855, il fit végéter des *Helianthus* dans un vase en porcelaine avec *du sable*, *des cendres alcalines*, *des cendres lavées*, *du nitre*. Le poids de la récolte fut au moins *vingt* fois plus fort que dans le *sable pur*.

Cette expérience réalise le progrès que j'ai indiqué, puisque le poids des récoltes est augmenté dans un rapport numérique considérable par l'addition de composés chimiques définis.

M. G. Ville tenta de fixer les conditions de ce progrès en remplaçant les mélanges complexes dont M. Boussingault avait fait usage par des sels définis.

(1) Liebig, *Chimie appliquée, etc.*, p. 332.

(2) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XXXII, p. 461.

(3) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XLVI, p. 5.

Il réussit à accroître le poids des récoltes *de blé* dans un rapport considérable, en ajoutant au sable pur les sels suivants (1) :

Nitrate de potasse	0,792
Phosphate de chaux	2,610
— de magnésie	3,800
Sulfate de chaux	0,100
Chlorure de sodium	0,100
Oxyde de fer	0,100
Silicate de potasse	3,090
— de soude	0,260

La voie que l'on doit suivre pour apprécier l'influence et le rôle de chacun de ces éléments dans la végétation est à présent toute tracée : il faut supprimer un à un les éléments salins dont le mélange s'est montré tellement efficace, en faire varier les proportions, les remplacer par d'autres éléments, comparer les poids de récoltes obtenues dans ces différentes conditions, et compléter au besoin ces recherches par l'analyse des produits de la végétation.

Influence des composés azotés sur la végétation. — Parmi les substances salines qui favorisent la végétation, l'élément azoté se place au premier rang par son importance; aussi a-t-il le plus attiré l'attention des savants.

Déjà, en 1848, le prince de Salm avait reconnu les bons effets des nitrates sur la végétation dans les milieux artificiels. En 1855, MM. Boussingault (2) et G. Ville (3) arrivèrent, chacun de leur côté, à des résultats plus précis : ils prouvèrent que l'addition du nitre à un mélange convenable de sels minéraux accroît notablement le poids des récoltes.

M. Boussingault mesura les effets du nitre par des nombres qui accusent de la part de ce sel une influence considérable : il obtint pour les poids des récoltes avec et sans nitre des rapports variables entre 20 : 1 et 40 : 1. Il constata encore que le

(1) *Comptes rendus*, t. XVII, p. 440.

(2) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XLVI, p. 5.

(3) *Comptes rendus*, t. XLI, p. 938.

poids du nitre est à peu près proportionnel à l'accroissement de récolte qu'il produit, pourvu que les quantités de nitre ajoutées soient suffisamment petites ; c'était indiquer que le nitre intervient probablement suivant des proportions définies dans la formation du végétal (1).

En démontrant que cette substance peut être remplacée dans ses effets sur les végétaux par le nitrate de soude, le nitrate d'ammoniaque, le nitrate de chaux, MM. Boussingault et G. Ville prouvèrent que les nitrates agissent principalement par l'*acide nitrique*. Par l'analyse, M. Boussingault reconnut que l'azote du nitre passe dans le végétal ; M. Ville s'assura qu'il y existe à l'état de combinaison organique (2). Dès lors il était hors de doute que si les nitrates ajoutés aux éléments minéraux augmentent considérablement le poids des récoltes, leur rôle est de fournir aux plantes l'azote nécessaire pour former certains composés organiques.

C'est à M. G. Ville que revient le mérite d'avoir prouvé que les sels ammoniacaux, quel qu'en soit l'acide, peuvent être substitués aux nitrates, et produisent sur la végétation des effets analogues, d'où il résulte que les rôles de ces composés sont identiques (3).

Il est bien remarquable que deux composés chimiquement aussi différents que l'acide nitrique et l'ammoniaque puissent se remplacer physiologiquement, et il est intéressant de savoir s'ils peuvent être remplacés par d'autres composés de l'azote. M. G. Ville a entrepris sur ce sujet une série de recherches qui l'ont conduit à des résultats dont voici le sens général : les nitrites, les composés du cyanogène ne favorisent pas la végétation ; les dérivés des sels ammoniacaux soit par privation d'eau, soit par substitution de carbures d'hydrogène à l'hydrogène, peuvent remplacer les sels ammoniacaux eux-mêmes, tant qu'ils ne s'éloignent pas trop de leur type par la complication de leur formule ; car, dans ce dernier cas, ils deviennent inactifs. Ce chi-

(1) *Comptes rendus*, t. XLVII, p. 807.

(2) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XLIX, p. 168.

(3) *Comptes rendus*, t. XXXI, p. 578, et t. XXXV, p. 650.

miste a encore reconnu que les diverses substances actives, à égalité d'azote, ne sont pas également efficaces, que, par exemple, les nitrates produisent plus d'effet sur la végétation que le chlorhydrate d'ammoniaque, et ce dernier plus encore que l'oxalate. Enfin, il a trouvé un rapport constant entre les effets numériques de différents sels ammoniacaux et ceux de leurs dérivés de même ordre (1). Il paraît admettre que l'arrangement moléculaire des éléments joue le principal rôle dans le mode d'action de ces composés; il indique même les effets des composés azotés sur la végétation comme un moyen propre à conduire à la formule rationnelle de ces corps. Cette hypothèse ingénieuse paraît s'accorder avec l'ensemble des faits observés; elle explique pourquoi les dérivés du cyanogène se montrent inactifs comme ce radical; pourquoi tous les composés de l'ammoniaque sont moins favorables à la végétation que ceux de l'acide nitrique, et pourquoi les dérivés de même ordre produisent des effets, qui sont en rapport constant avec ceux de leurs types, et qui diminuent à mesure qu'ils s'éloignent de ces types. Mais elle n'explique pas aussi facilement pourquoi des composés aussi différents par leur formule que l'acide nitrique et l'ammoniaque, se rapprochent tellement par leurs effets sur la végétation, tandis que l'urée et l'éthylurée, si semblables par leur constitution chimique, sont si éloignés par leurs propriétés physiologiques.

J'admettrais plus volontiers que l'acide nitrique et l'ammoniaque sont les seuls composés dont l'azote soit directement assimilable, et que le mode d'action de tous les autres composés azotés sur les plantes est lié à la décomposition de ces corps en acide nitrique ou en ammoniaque, et aux produits secondaires qui accompagnent cette décomposition. Cette explication me semble plus en harmonie avec les faits généraux représentés par la loi fondamentale posée par M. Dumas. D'ailleurs, elle me paraît d'accord avec les faits signalés par M. G. Ville jusque dans les moindres détails : si les nitrates et les différents sels ammonia-

(1) *Comptes rendus*, t. LVII, p. 464.

caux ne produisent pas des effets *numériquement* identiques, les acides ou les bases que ces composés mettent en liberté lorsque l'azote les abandonne, ne sont probablement pas étrangers à ce résultat, car on ne peut guère douter (comme on le verra plus loin) de l'influence de l'acidité et de l'alcalinité des milieux sur la végétation. Les autres composés que M. G. Ville a reconnus favorables à la végétation sont ceux qui se rapprochent le plus de l'ammoniaque, et qui paraissent les plus propres, dans les conditions où ils étaient placés, à se décomposer en donnant de l'ammoniaque, sans dégager trop de substances nuisibles aux végétaux : si le carbonate d'ammoniaque et l'urée ont exercé des effets rigoureusement identiques, et si l'éthylurée s'est montrée inactive, faut-il s'en étonner? M. Van Tieghem n'a-t-il pas démontré que l'urée, abandonnée à elle-même, dans les conditions des expériences que nous venons de rappeler, se transforme simplement en carbonate d'ammoniaque, tandis que l'éthylurée reste inaltérée (1)? Au reste, je n'attacherai pas à ces idées préconçues plus d'importance qu'elles ne méritent et je m'empresse de revenir à l'étude positive des faits.

Influence des éléments minéraux sur la végétation. — Les principes de l'air et de l'eau avec l'élément azoté, ne suffisent pas à donner à la végétation toute la vigueur qu'elle peut acquérir dans les milieux artificiels. Déjà le prince de Salm avait réussi à l'activer en ajoutant aux composés azotés des éléments minéraux sous forme de sels plus ou moins complexes. M. G. Ville chercha à donner à ce résultat la netteté qui lui manquait en démontrant qu'on peut accroître le poids des récoltes dans le rapport de 2 à 1, en donnant pour auxiliaire au principe azoté un mélange de plusieurs sels minéraux (2). Mais les conditions de cette expérience étaient complexes, puisque l'élément azoté, au lieu d'être un composé défini, se trouvait était formé de graines de lupins pulvérisées. M. Boussingault (3)

(1) Van Tieghem, *Recherches sur la fermentation de l'urée et de l'acide hippurique*, 1864.

(2) *Comptes rendus*, t. XLV, p. 996.

(3) *Ibid.*, p. 833.

de son côté fit la même expérience, en employant le nitre comme matière azotée, en éloignant davantage les impuretés, et l'addition des matières minérales porta le poids des récoltes de 1 gramme à 20 grammes. Ces matières minérales, il est vrai, étaient formées d'un mélange de cendres et de phosphates; mais de là à leur substituer des sels purs et définis, il n'y avait plus qu'un pas. M. G. Ville (1) le fit; il constata que les récoltes obtenues avec le nitre seul pouvaient devenir beaucoup plus considérables par l'addition des sels suivants : phosphate de chaux, de magnésie, sulfate de chaux, silicate de potasse, silicate de soude, oxyde de fer, chlorure de sodium.

Ces expériences font ressortir et mesurent l'influence favorable qu'exerce *un mélange d'éléments minéraux* sur le poids des récoltes *en présence d'un composé défini de l'azote, et des éléments de l'air et de l'eau.*

Il ne reste plus qu'à rechercher quels sont les composés définis de ce mélange auxquels ces effets doivent être attribués.

Le même chimiste (2) annonça, en 1858, que la suppression des acides (phosphorique, sulfurique, chlorhydrique) réduit la récolte à 1/35e du poids obtenu avec l'engrais complet, et que la suppression des alcalis (potasse et soude) abaisse considérablement le poids des récoltes.

Ces nombres ne laissent aucun doute sur l'efficacité des acides et sur celle des alcalis du mélange minéral dont on a fait usage; mais il importait de déterminer les éléments actifs de ces mélanges; tel est le but des expériences qui suivent.

M. Boussingault (3) reconnut le premier en 1857 que par la suppression du phosphate de chaux de l'engrais complet, le poids de la récolte devient vingt fois moindre que la récolte normale. Cependant les essais qui le conduisirent à ce résultat n'étaient pas rigoureusement comparables. En 1861, M. Ville mesura de son côté les effets du phosphate de chaux et en fit

(1) *Comptes rendus*, t. XLVII, p. 438.
(2) *Ibid.*
(3) *Ibid.*, t. XLV, p. 833.

varier les proportions. Le phosphite de chaux et l'hypophosphite de chaux, qu'il substitua au phosphate, demeurèrent inactifs (1). Ces expériences sur les sels de chaux, rapprochées des essais sur les acides (phosphorique, sulfurique, chlorhydrique) démontrent que l'acide phosphorique, à l'état de sel, ajouté à tous les autres éléments de l'engrais complet, accroît les récoltes dans un rapport considérable; que cet effet ne dépend pas de la nature acide de ce composé, mais des éléments qu'il contient, en même temps que de la forme de la combinaison. Elles donnent une idée de la grandeur numérique des effets de cet oxyde. Enfin, elles nous révèlent une analogie frappante entre l'action physiologique des composés du phosphore et des composés de l'azote.

L'attention du même chimiste (2) s'est également portée sur l'action de la potasse sur les plantes : il a obtenu, avec et sans silicate de potasse, des récoltes proportionnelles aux nombres 4 et 1. La soude substituée à la potasse se montra à peu près inactive sur la végétation. Ces résultats, comparés aux effets des alcalis observés précédemment, font ressortir l'influence favorable qu'exerce la potasse sur la végétation, dans un milieu artificiel convenablement choisi, non pas en vertu de son alcalinité comme on eût pu le présumer, mais en vertu de sa constitution propre.

Dans diverses expériences, on a encore supprimé tour à tour les autres éléments de l'engrais minéral complet, savoir: la silice, la chaux, la magnésie, l'acide sulfurique, l'acide chlorhydrique, la soude, l'oxyde de fer, etc., et les récoltes obtenues ont été entre elles dans des rapports voisins de l'unité ; nous pouvons donc conclure que dans les conditions des expériences précédentes, ces divers oxydes n'ont exercé sur le poids des récoltes qu'une action faible par rapport à celle qui appartient à l'acide nitrique, à l'acide phosphorique, à la potasse, et, par suite, une action négligeable pour une première approximation.

Si l'on compare les plantes obtenues dans les milieux artificiels les plus complets, aux récoltes des terres fertiles, on ne peut

(1) *Comptes rendus*, t. LIII, p. 832.
(2) *Ibid.*, t. LI, p. 246 et 437.

s'empêcher de remarquer que l'art est loin encore d'être parvenu à égaler la nature : en effet, les végétaux obtenus artificiellement, par leurs dimensions, leur poids et surtout le nombre de leurs graines, ont été très-inférieurs aux produits naturels.

Une circonstance particulière de l'intervention de certains éléments dans la végétation mérite d'être remarquée : si l'on ajoute en petite quantité des composés de certains corps simples dans un milieu artificiel, l'accroissement de la récolte sera considérable par rapport au poids du corps simple efficace. Ainsi, d'après certaines expériences, 1 gramme d'azote ajouté dans un milieu à l'état de nitre, peut produire un excédant de récolte de 60 grammes et 1 gramme de phosphore à l'état de phosphate, un excédant de 200 grammes.

État de la question du développement des végétaux dans les milieux artificiels, après les expériences qui précèdent. — Les résultats définitivement acquis à la science par les expériences qui précèdent sont les suivants :

Pour obtenir les plus fortes récoltes qu'on ait réussi jusqu'ici à produire dans les milieux artificiels, il est nécessaire d'ajouter *simultanément* aux éléments de l'air et de l'eau un élément azoté (acide nitrique ou ammoniaque), de l'acide phosphorique et de la potasse, à l'état de sels ; car la suppression de l'un ou de l'autre de ces trois éléments a diminué le poids des récoltes, suivant des rapports à peu près marqués par les nombres :

40, pour l'élément azoté.
30, pour l'acide phosphorique.
4, pour la potasse.

Ces éléments, dans les conditions des expériences précédentes, paraissent à peu près suffisants pour fournir ces récoltes maxima, car la chaux, la magnésie, la soude, l'oxyde de fer, la silice, l'acide sulfurique, l'acide chlorhydrique, ajoutés aux premiers éléments, se sont montrés à peu près inactifs.

Les proportions d'azote, de phosphore, de potassium, qui interviennent dans la formation d'un certain poids de plante, sont faibles par rapport à ce poids.

Enfin, les récoltes obtenues jusqu'ici dans les milieux artificiels sont très-inférieures en poids à celles des terres fertiles.

Ces études sont cependant encore incomplètes.

En effet, dans toutes ces expériences, l'erreur maxima d'expérimentation n'a pas été déterminée; on ne sait donc pas exactement jusqu'à quel point on peut compter sur les nombres obtenus.

Il eût été important de rechercher l'influence de l'alcalinité ou de l'acidité du sol sur la végétation, influence qu'il est bien difficile de mettre en doute, comme on le verra plus loin : or, en faisant varier les éléments salins du sol, on a presque toujours fait varier les propriétés acides ou alcalines du milieu. Quelle part cette influence a-t-elle eue dans les résultats? Il est impossible de le préciser; mais c'est à elle sans doute qu'il faut rapporter plusieurs faits singuliers, tels que les effets nuisibles des alcalis en l'absence des acides (1).

Souvent on a supprimé à la fois plusieurs éléments, par exemple la silice et la potasse, l'acide phosphorique et la chaux : or, pour mesurer exactement l'effet de chaque oxyde salin sur les végétaux, il faudrait le supprimer seul.

Il serait donc utile, en tenant compte de ces diverses circonstances, de rechercher à nouveau les effets de la silice, de la chaux, etc., sur la végétation; de mesurer avec plus de précision les effets de l'azote, de l'acide phosphorique, de la potasse; de faire varier les quantités de ces éléments, de les remplacer par d'autres composés analogues par leur formule ou par leurs radicaux. Enfin, ces recherches devraient être appliquées successivement à des végétaux très-différents, afin de comparer les milieux artificiels propres au développement de chacun d'eux.

Ce travail compléterait la série d'expériences qui se rattachent directement au progrès de la méthode synthétique qu'on a réalisé, par l'addition d'un mélange convenable de matières salines aux éléments de l'air et de l'eau. Mais alors la voie semée de découvertes que nous avons parcourue jusqu'ici serait-elle définitive-

(1) *Comptes rendus*, t. XLVII, p. 438, et t. LI, p. 246.

ment fermée, ou bien pourrait-on espérer accomplir encore un nouveau progrès, c'est-à-dire découvrir de nouveaux éléments qui, ajoutés à ceux que ces expériences auraient reconnus essentiels à la végétation, élèveraient le poids des récoltes dans un rapport assez considérable? C'est là une question qu'il est impossible de décider à priori, mais qu'on pourrait essayer de résoudre par deux moyens : d'une part, certains éléments essentiels à la végétation se trouvaient peut-être dans les impuretés des sols artificiels dont on s'est servi jusqu'ici, en quantités petites, mais suffisantes pour le développement des végétaux : dès lors, leur influence sur le poids des récoltes a dû échapper à toutes les recherches, et l'on parviendrait à la manifester *par l'emploi de matières mieux purifiées :* cette hypothèse n'a rien d'invraisemblable, mais ce n'est après tout qu'une hypothèse. D'autre part, il est permis de croire qu'en ajoutant aux sols artificiels, jusqu'ici employés, *certains composés chimiques*, on augmenterait notablement le poids des récoltes : on s'expliquerait par là l'infériorité des récoltes des milieux artificiels dont on s'est servi sur les récoltes des terrains naturels; mais on peut également expliquer cette différence, en admettant que les mélanges minéraux artificiels sont moins propres à la nutrition des végétaux que les composés organiques de la nature. Enfin, au point de vue de la pratique, il nous restrait à calculer les bénéfices que les cultivateurs peuvent retirer de l'emploi des engraïs complémentaires, sans altérer par la suite la nature du sol.

Des sels nuisibles à la végétation.— En regard des substances chimiques qui favorisent le développement des végétaux se placent les substances qui leur nuisent, c'est-à-dire les poisons. On ignore encore les lois générales de l'action chimique de ces corps sur les végétaux. Cependant plusieurs chimistes ont étudié les effets physiologiques d'un grand nombre de poisons, qui se rencontrent parmi les composés chimiques les plus divers. Je me contenterai de remarquer qu'à côté de sels minéraux éminemment favorables à la végétation, il s'en trouve d'autres qui lui sont des plus funestes; tels sont : les sels d'argent et de mercure

qui tuent les plantes à la dose de 1/1000; les sels d'or et de platine, qui sont moins énergiques; les sels de cuivre, d'étain, de plomb, d'arsenic, etc., qui paraissent moins actifs que les sels précédents.

Ces sels ont ceci de particulier qu'ils manifestent leur action à petite dose, comme les sels utiles, et qu'ils sont également funestes aux animaux (1).

Applications diverses de la méthode synthétique. — Tous ces résultats scientifiques prouvent qu'il existe une relation entre le développement d'un végétal dans le milieu qui l'entoure, et la présence dans ce milieu de certains corps simples sous certaines formes et en certaines quantités :

C'est ainsi que la méthode synthétique nous conduit à l'idée d'appliquer les plantes à l'analyse chimique (2). Par exemple, si l'on prépare deux sols artificiels contenant tous les éléments essentiels à la végétation moins un ; si dans l'un d'eux on ajoute la matière à analyser, et si l'on sème dans ces deux milieux des graines identiques, de la comparaison des récoltes on pourra conclure si l'élément supprimé dans les deux sols artificiels existe dans la matière soumise à l'analyse, et à quel état, et en quelle quantité. Cette méthode ne présente quelque avantage sur les autres procédés que dans un seul cas : l'analyse chimique des terrains au point de vue de la végétation. En effet, l'action d'un corps simple du sol sur un végétal résulte de la nature de ce corps simple, de la nature des composés dont il fait partie, de leurs propriétés physiques et des réactions qu'ils peuvent subir : ce sont ces éléments multiples que l'analyse chimique n'atteint souvent qu'avec peine et incomplétement. Mais l'embarras

(1) *Comptes rendus*, t. XVII, p. 112.

(2) La méthode analytique conduit également à une autre application des plantes à l'analyse chimique, dont l'industrie s'est depuis longtemps emparée : elle consiste à profiter du pouvoir d'absorption des végétaux à l'égard de certains sels du sol, pour les condenser dans des mélanges plus simples que les matières premières et opérer ainsi une première sélection des éléments de ces matières.

augmente encore lorsqu'on veut interpréter les résultats analytiques, et en déduire l'action du corps simple sur les végétaux. Aussi l'insuffisance de l'analyse chimique ordinaire appliquée à l'agriculture est-elle proclamée par tous les agronomes. Au contraire, l'analyse par la végétation détermine directement l'effet produit sur les plantes par chaque principe du sol; elle va droit au but et dispense de toute interprétation. En outre, comme on l'a fort bien remarqué à propos des phosphates, les végétaux peuvent souvent déceler dans le sol des quantités fort petites de certaines substances qui échapperaient peut-être à l'analyse ordinaire. Mais il est à peine besoin d'ajouter que l'analyse du sol par les plantes est un procédé pénible, d'une durée considérable, d'une exactitude parfois douteuse.

Un des premiers, le prince de Salm, s'appuyant sur les résultats de la méthode synthétique, signala en termes assez vagues la possibilité d'appliquer les végétaux à l'analyse chimique, et l'utilité qu'offrirait cette méthode pour suppléer à l'analyse par les réactifs, dans la recherche de la composition des terres arables (1).

M. Boussingault donna à cette méthode un caractère vraiment scientifique en l'appliquant avec beaucoup de rigueur à la solution d'une question très-controversée de chimie agricole : il démontra que, de tous les composés azotés de la terre végétale, l'acide nitrique et l'ammoniaque sont à peu près les seuls qui soient immédiatement aptes à l'assimilation.

Nous avons vu comment la méthode mixte rattache empiriquement certains effets complexes des amendements, des engrais, des assolements, à des faits d'observation plus simples; mais elle ne les atteint pas tous pour les ramener sûrement à des principes généraux : en un mot, elle ne conduit pas à une théorie rationnelle et complète de la pratique agricole. Cette œuvre est réservée à la méthode synthétique, qui renferme en elle-même tous les principes de cette théorie. Admettons, en effet, que l'on connaisse le milieu artificiel propre au développement de chaque

(1) *Comptes rendus*, t. LVII, p. 272.

espèce de plante ; qu'en outre, on ait déterminé la composition des engrais et des amendements divers : on pourra reconnaître par l'analyse si un terrain possède tous les éléments nécessaires à la vie d'un végétal ou s'il manque de quelques-uns : c'est le fondement de la théorie des assolements ; on connaîtra également quels principes essentiels à un végétal, un engrais ou un amendement ajoutera au sol, et par suite quelle en sera exactement l'efficacité. C'est ainsi que l'on rapporte aujourd'hui les effets généraux des engrais à l'élément azoté principalement, ensuite à l'acide phosphorique, et enfin à la potasse. C'est ainsi qu'on explique les effets des assolements par l'influence prédominante qu'exercent tour à tour ces divers éléments sur diverses cultures. Par exemple, les avantages que trouve le cultivateur à faire alterner les céréales et les prairies artificielles reposent sur ce fait, démontré par la méthode synthétique, que les céréales prennent surtout dans le sol de l'azote, tandis que le trèfle, la luzerne, demandent principalement au sol des matières minérales.

Mais la théorie chimique de la pratique agricole réside-t-elle tout entière dans les effets de ce petit nombre d'éléments salins, qui constituent jusqu'ici un engrais artificiel suffisant à développer les végétaux? Je ne le pense pas.

Il faut certainement tenir compte, dans la théorie de la pratique agricole, de diverses circonstances secondaires, telles que les propriétés physiques du sol et du sous-sol, ainsi que l'a démontré M. Chevreul, le mode de décomposition des matières organiques, le degré d'acidité ou d'alcalinité du milieu, qui influe sur cette décomposition, la nature des combinaisons des éléments, etc., etc.: or l'appréciation des effets de toutes ces circonstances exige l'étude complète du milieu artificiel propre au développement des végétaux. D'ailleurs, tant qu'on n'aura pas réussi à obtenir dans un milieu artificiel des plantes aussi vigoureuses que dans les terrains fertiles, certains effets du sol végétal sur les plantes échapperont forcément à la méthode synthétique. Or j'ai posé en principe que, dans l'état actuel de la science, on ne peut décider si ce progrès est réalisable.

Le système des engrais chimiques complémentaires (1) est encore une application des résultats de la méthode synthétique : l'auteur emploie comme engrais en agriculture les sels mêmes dont la méthode mixte a déjà reconnu l'utilité. Mais, au lieu de prendre pour guides les résultats empiriques fournis par les sels qu'on a essayés sur diverses cultures, il appuie tout son système sur la composition même des milieux artificiels propres au développement des végétaux. Dès lors, quatre éléments : l'acide nitrique ou l'ammoniaque, l'acide phosphorique, la potasse, la chaux, ajoutés indéfiniment au même terrain en proportions variables avec chaque culture, suffisent, dans ses idées, pour remplacer tous les autres engrais, et assurer à la terre une fécondité inépuisable pour toutes les cultures.

J'ai exprimé ailleurs mon opinion sur l'usage des sels purs en agriculture. J'ajouterai qu'il ne me paraît pas bien démontré que l'azote, l'acide phosphorique, la potasse, la chaux, constituent seuls un engrais complet et suffisant. Car il est certain qu'un sol artificiel, formé de ces éléments, ne suffit point à produire d'abondantes récoltes. On répondra sans doute qu'il existe toujours dans le sol, en quantité surabondante, des éléments supplémentaires qui, avec les premiers, constituent un engrais parfait. Mais ce n'est là qu'une pure hypothèse que ne justifient pas assez les résultats obtenus par les engrais chimiques, sur quelques terres très-perméables, pendant plusieurs années consécutives. Car il n'est pas impossible que le sol contienne un élément nécessaire aux végétaux, en quantité suffisante pour trois ou quatre récoltes, mais insuffisante pour un plus grand nombre. Si donc cet élément n'est jamais ramené dans le sol par un moyen quelconque, il manquera forcément tôt ou tard, par l'effet de la culture, et le sol deviendra stérile. A mon avis, la méthode synthétique n'offrira une base assurée à la pratique agricole que le jour où l'on connaîtra le milieu artificiel propre à assurer le développement maximum des végétaux. Si ce but peut être atteint, et rien

(1) Voyez les *Conférences agricoles faites au champ d'expériences de Vincennes*, par M. G. Ville.

jusqu'ici ne le prouve, l'agriculture entrera d'un pas ferme dans une voie nouvelle : le praticien abandonnera l'usage ordinaire des engrais et des assolements fondé sur l'empirisme: il cultivera indifféremment les espèces les plus profitables; et il déterminera pour chaque plante le poids et la composition de l'engrais le mieux approprié, d'après la composition du sol et d'après la composition du milieu artificiel propre à cette plante: ainsi, il atteindra sans aucune perte le rendement maximum des récoltes. S'il veut en même temps obtenir le meilleur résultat économique, il composera ces engrais artificiels non pas exclusivement avec des sels purs, mais indifféremment avec des engrais naturels, des matières premières ou des résidus industriels, des sels chimiques même, suivant que les uns ou les autres seront économiquement plus avantageux.

Ce progrès, M. Liebig le pressentait déjà en 1841, et le regardait comme un besoin de notre époque. Il en apprécia très-exactement le caractère essentiel :

« Et alors, dit-il, l'agriculteur pourra, comme dans une ma-» nufacture bien organisée, tenir des livres pour y inscrire, sui-» vant les récoltes, la nature et la quantité exacte des substances » qu'il doit porter sur chacune de ses terres pour en maintenir » la fertilité (1). »

Conclusions générales. — Les faits généraux dans lesquels se résume l'état de la chimie des végétaux après les nombreuses découvertes de la méthode synthétique, me paraissent assez exactement exprimés par les propositions suivantes :

Il est possible de faire développer les végétaux dans des milieux artificiels exclusivement formés de substances chimiques de composition définie.

Pour obtenir les récoltes maxima que comportent ces milieux, il est nécessaire de réunir ensemble l'oxygène, l'acide carbonique, l'eau, l'acide nitrique ou l'ammoniaque, l'acide phos-

(1) Liebig, *Chimie appliquée à l'agriculture*, p. 298.

phorique, la potasse ; car la suppression de l'un quelconque de ces éléments diminue considérablement le poids des récoltes.

Les récoltes produites par les milieux artificiels n'atteignent jamais la vigueur des récoltes des terrains naturels fertiles.

Les effets propres de l'acide carbonique, de l'eau, de l'acide nitrique, de l'acide phosphorique, de la potasse, etc., doivent être attribués respectivement : au carbone, à l'hydrogène, à l'azote, éléments essentiels des végétaux ; au phosphore, au potassium, qu'on remarque aussi dans leur organisme : c'est en dégageant une partie de leur oxygène que ces oxydes fixent dans les plantes leurs radicaux.

Plusieurs de ces radicaux interviennent en quantités fort petites par rapport au poids de plante qu'ils contribuent à former.

L'acide carbonique, l'eau, l'acide nitrique, produisent les principes ternaires et l'albumine des végétaux ; l'acide phosphorique, la potasse, etc., forment des composés encore mal déterminés.

Ces faits confirment la loi de la statique chimique qui représente les végétaux comme formés par la réduction des oxydes minéraux les plus simples ; ils la complètent en y faisant entrer de nouveaux éléments : l'acide nitrique, l'acide phosphorique, la potasse.

La méthode synthétique a encore posé les principes fondamentaux de la chimie agricole, en même temps qu'elle permet de substituer à l'empirisme des procédés rationnels d'agriculture.

La méthode analytique et la méthode synthétique avaient déjà indiqué plusieurs des résultats que je viens d'énumérer, mais ces faits fort incomplets, souvent pressentis plutôt que démontrés, sans liens entre eux, sans interprétation positive, ne pouvaient servir de bases à une théorie ; au contraire, la méthode synthétique, en réduisant les phénomènes de la végétation à un petit nombre d'éléments simples, a pu en saisir toutes les relations, et jeter les fondements d'une théorie inébranlable, quoique inachevée, de la chimie des végétaux.

Aussi cette méthode, beaucoup plus parfaite que les deux pré-

cédentes, n'a reçu ses derniers perfectionnements que très-tard, puisque les travaux entrepris en Angleterre, en Allemagne et en France, et qui en sont l'expression la plus avancée, ont été exécutés dans ces vingt dernières années.

CHAPITRE II.

ÉTUDE DES VÉGÉTAUX MICROSCOPIQUES.

I. — Méthode analytique.

Analyse des végétaux et des milieux dans lesquels ils vivent. — Parmi les espèces nombreuses d'organismes inférieurs qui peuplent les matières d'origine organique abandonnées à elles-mêmes, les unes sont douées de mouvement spontané, les autres en sont dépourvues; mais au point de vue chimique ces deux classes d'êtres vivants ne diffèrent point essentiellement, et sont fréquemment en rapport; aussi, bien que j'aie surtout en vue l'étude des végétaux microscopiques, il m'arrivera incidemment de parler des animalcules.

Dans les études chimiques relatives aux grands végétaux, on a suivi le développement d'un petit nombre d'individus d'espèce connue; il n'en est plus de même ici : les recherches chimiques ont pour objet les phénomènes qui résultent de l'apparition dans un milieu d'un nombre immense d'individus d'espèces différentes qui ne peuvent être déterminées à première vue; cependant on doit se préoccuper avant tout de reconnaître l'espèce du végétal qu'on étudie, parce que les phénomènes chimiques de la vie varient avec l'espèce : l'examen microscopique du végétal offre pour cette détermination des caractères simples et précis.

C'est par ce moyen qu'on a étudié les variations nombreuses des espèces qui vivent dans les milieux naturels. Elles changent avec la nature du milieu : le pain humide se couvre ordinairement de Mucédinées; les liquides alcooliques de Mycodermes; les infusions de feuilles et de foin se peuplent d'Animalcules; la Torulacée qui naît dans le jus du raisin diffère de celle qu'on observe souvent dans l'urine en putréfaction. Les organismes ne sont pas les mêmes aux divers points d'un même milieu : à la

surface on pourra observer des Mycodermes ; dans la masse des Animalcules ; au fond des Torulacées. Ils varient encore avec le temps : ainsi, dans une infusion de foin, naîtront successivement des monades, des vibrions et des bactéries; puis des infusoires ciliés, et à la surface des moisissures. Mais ce qu'il faut remarquer principalement, c'est que généralement une substance organique est peuplée en même temps par des organismes très-nombreux et très-divers.

La composition chimique des végétaux microscopiques rappelle celle des grands végétaux : la levûre de bière, le plus simple de ces organismes, est formée principalement de cellulose, de matières albuminoïdes, de matières grasses, d'après les analyses de M. Payen. Les cendres de ce végétal, examinées par Mitscherlich, lui ont fourni de l'acide phosphorique, et de la potasse en abondance, moins de magnésie, très-peu de chaux, et une quantité de soude inappréciable (1).

Ces résultats n'ont rien qui doive nous surprendre, puisque les êtres microscopiques respirent le même air que les grands végétaux, puisqu'ils vivent soit dans les substances mêmes de ces végétaux, soit dans les matières animales qui en sont formées : cette remarque indique assez quelle est la composition des milieux où se développent les organismes inférieurs, et il ne me reste plus, pour les faire connaître complétement, qu'à parler des curieuses transformations qu'ils subissent lorsque, abandonnés à eux-mêmes, ils se peuplent d'êtres vivants.

Qu'une matière organique abandonnée à elle-même dégage de l'eau, de l'acide carbonique ou même de l'oxygène, on n'en sera nullement surpris ; on comparera immédiatement ces produits à ceux de la respiration des animaux ou des plantes, et on les rapportera, par analogie, à la vie des organismes.

Mais les chimistes ont été singulièrement frappés de voir les matières organiques donner souvent naissance à divers composés chimiques très-différents des éléments respiratoires : ils ont appelé ces phénomènes fermentations, et lorsque les fermentations

(1) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. LVIII, p. 374.

ont manifesté une odeur fétide, ils les ont mises à part sous le nom de fermentations putrides ou putréfactions; ces définitions reposent du reste sur des caractères purement extérieurs, et ne prétendent pas pénétrer la nature intime des phénomènes.

Certaines matières organiques fournissent, dans leur fermentation naturelle, des produits constants et en petit nombre. Comme exemples de ces phénomènes, je citerai : la fermentation alcoolique des jus sucrés caractérisée par la formation de l'alcool; la fermentation acétique des liquides alcooliques qui produit de l'acide acétique; la fermentation gallique qui forme l'acide gallique obtenu par Scheele dans le pourrissage de la noix de galle; la fermentation ammoniacale qui développe dans l'urine de l'ammoniaque, et sur laquelle Boerhaave appela le premier l'attention des chimistes; etc., etc.

Il est rare d'ailleurs que plusieurs de ces composés n'apparaissent pas dans le même milieu, et alors la fermentation, plus ou moins complexe, est en même temps très-variable. C'est ainsi que M. Béchamp a trouvé dans l'urine putréfiée : de l'alcool, de l'acide acétique, du carbonate d'ammoniaque, etc. (1).

L'étude immédiate de la fermentation consiste à rechercher l'équation qui lie les composés du milieu qui se transforment aux produits de la démodification. La comparaison des formules et le dosage des composés du milieu, la connaissance de leurs réactions chimiques particulières, peuvent, dans les cas de fermentations simples, conduire à cette équation. Mais dans le cas général, lorsque le milieu qui fermente est complexe, lorsque les produits de la transformation sont nombreux, outre que les éléments gazeux de la réaction échappent à l'analyse, les autres sont difficiles à atteindre, et éminemment variables d'un essai à un autre; dès lors l'équation qui unit tous ces éléments reste indéterminée : aussi tant qu'on se servit exclusivement de la méthode analytique, les équations de la plupart des fermentations furent incertaines ou incomplètes.

Des relations des végétaux microscopiques avec les éléments du

(1) *Comptes rendus*, t. LXI, p. 374.

milieu où ils vivent. — Je vais, en m'appuyant sur les résultats qui précèdent, rechercher les relations qui existent entre le végétal et le milieu qui l'entoure.

La méthode analytique ne peut, en général, nous conduire qu'à des hypothèses sur l'origine des corps simples essentiels aux végétaux microscopiques : tout ce qui a été dit à cet égard sur les grands végétaux s'applique ici sans restriction.

Les végétaux inférieurs, si éloignés par la simplicité de leur structure cellulaire de la complication anatomique des végétaux supérieurs, nous ont présenté avec eux une analogie frappante sous le rapport de la composition chimique : les corps simples nécessaires ou utiles à ces deux groupes d'êtres organisés sont donc probablement les mêmes pour la plupart ; le carbone, l'hydrogène, l'oxygène, l'azote en sont les éléments essentiels ; le phosphore et le potassium sont sans doute après eux les plus importants. Le rôle de ces éléments est aussi très-analogue dans les grands et dans les petits végétaux, puisque parmi leurs principes immédiats nous voyons de part et d'autre figurer au premier rang la cellulose, la graisse, l'albumine. Toutefois, par leur richesse en matières albuminoïdes, les végétaux microscopiques se rapprocheraient davantage des animaux. Mais les déductions de l'analyse relatives à ces petits végétaux comportent les restrictions signalées dans l'étude des grands végétaux, ou même des restrictions encore plus sérieuses, car la similitude de composition des végétaux microscopiques et de leur milieu nutritif peut faire craindre que l'*absorption physique* n'ait une part considérable dans la composition chimique de ces végétaux.

Parmi les éléments nécessaires à la multiplication par voie naturelle aux végétaux supérieurs se place en première ligne la *graine*, tandis que les organismes microscopiques présentent cette particularité, qu'ils se multiplient par scissiparité ou qu'ils apparaissent naturellement dans des milieux dans lesquels on n'aperçoit pas le moindre germe.

L'hypothèse de la génération spontanée semble donc confirmée par l'étude des variations des espèces vivantes dans les milieux d'origine organique : n'avons-nous pas vu que ces

espèces sont en relation avec la nature chimique des milieux, avec la position qu'elles occupent dans ces milieux, avec les autres espèces qui les ont précédées? Or la nature des germes d'un milieu ne saurait être liée à ces conditions ; on est donc conduit à admettre que les organismes inférieurs peuvent se former sans germes par les substances inorganisées. La succession d'espèces différentes dans un même milieu offre, surtout dans ce cas, un argument spécieux ; car pour peu que l'imagination s'y prête, l'observateur se persuadera qu'il voit les organes de nouvelles espèces naître de ceux des espèces qui les ont précédées, et il conclura à la transformation des organismes les uns dans les autres. C'est ainsi que Turpin a vu les globules du lait s'allonger pour former le mycélium du *penicillium* (1), que M. Pouchet a vu le mouvement fermentescible des infusions organiques provoquer la formation des monades, vibrions, bactéries, etc., de la membrane proligère, puis ces petits êtres se rassembler pour former l'œuf spontané d'où naissent les infusoires ciliés (2).

Cherchons à interpréter rigoureusement ces faits : ils prouvent qu'il y a une relation entre le développement d'une espèce dans un milieu et la nature chimique de ce milieu, les rapports du milieu avec l'atmosphère, la nature des espèces qui y ont vécu précédemment ; mais ils ne prouvent rien de plus.

Or, toutes les relations de ce genre empêchent-elles ces êtres vivants d'avoir une relation nécessaire avec le germe, élément indépendant de ceux que j'ai indiqués? Évidemment non. N'en est-il pas de même des végétaux supérieurs? N'exigent-ils pas, pour se développer, de certains milieux, de certaines conditions atmosphériques, etc., variables d'une espèce à une autre? Et pourtant personne ne songe à contester pour ces êtres l'absolue nécessité d'un germe.

La méthode analytique conduit donc scientifiquement à l'hypothèse des *générations spontanées*, mais elle laisse la question

(1) *Comptes rendus*, 1837, t. V, p. 822.

(2) Pouchet, *Hétérogénie*, ou *Traité de la génération spontanée*, 1859, et *Comptes rendus*, t. LIX, p. 277.

indécise : cette méthode que d'ingénieux naturalistes ont cru devoir substituer à la méthode expérimentale, afin de ne pas altérer par les opérations artificielles le jeu des forces de la nature, ne saurait nous éclairer sur l'intervention du germe dans les phénomènes de la vie, parce qu'elle n'atteint directement que des éléments sans aucune relation avec le germe.

La méthode analytique nous révèle très-distinctement deux ordres de phénomènes au sein des milieux organiques abandonnés à eux-mêmes : la transformation d'une partie des substances qui les composent dans les produits de la fermentation et la participation d'une autre partie à la formation des organismes vivants. Suivre dans tous leurs détails ces métamorphoses multiples est un travail fort délicat qui exige des ressources supérieures à celles de la méthode analytique. Mais toutes ces recherches sont subordonnées à cette question fondamentale : Existe-t-il une relation entre la transformation des substances d'un milieu par fermentation, et le développement des organismes dans ce milïeu, ou bien ces deux phénomènes sont-ils indépendants? La solution de ce problème n'est pas du ressort de l'analyse. Cependant les variations sans nombre des produits de la fermentation d'un milieu à un autre, les variations non moins grandes des espèces vivantes de ces milieux, sembleraient écarter l'idée d'une relation quelconque entre les phénomènes de la vie et les fermentations.

Applications de la méthode analytique. — Un grand nombre d'applications pratiques se rattachent aux résultats qui précèdent.

La fabrication des liquides alcooliques, du vinaigre, du fromage, de l'acide gallique, de l'acide lactique, le traitement des engrais organiques, etc., reposent sur la production de composés spéciaux par la fermentation.

Certaines maladies épidémiques des végétaux ou des animaux appartiennent encore à l'ordre des phénomènes que nous venons d'étudier : je veux parler de ces maladies qui sont caractérisées par une altération des matières de l'organisme, c'est-à-

dire par une transformation de certains composés en d'autres composés, et par un développement simultané d'êtres organisés microscopiques dans les substances en voie d'altération. La muscardine des vers à soie, l'oïdium de la vigne, la maladie des pommes de terre, etc., sont des exemples bien remarquables de ces épidémies. A combien de recherches, inspirées par la méthode analytique, la maladie de la vigne et celle des pommes de terre n'ont-elles pas donné lieu (1)? Cependant à quel résultat scientifique ont abouti toutes ces observations, sinon à des hypothèses, à des discussions qui avaient invariablement pour point de départ cette question : L'altération du végétal est-elle l'effet ou la cause du développement des organismes? Question oiseuse et vague issue de notions très-fausses sur la méthode scientifique. Car les causes et les effets, ou plus exactement les forces et les mouvements, *dans les phénomènes de chimie et de physiologie*, échappent à l'observation. Ce que l'expérience peut atteindre, ce sont les phénomènes, et les circonstances de ces phénomènes. Voici donc la question fondamentale à résoudre relativement à ces maladies : Existe-t-il une relation nécessaire entre la transformation des substances de l'être malade en d'autres substances, et le développement du parasite. Nous sommes ainsi ramenés à une question que nous avons formulée précédemment, et que la méthode analytique est impuissante à résoudre.

Caractères de la méthode analytique. — En résumé, la méthode analytique se retrouve ici avec les caractères qu'elle nous a offerts dans l'étude des grands végétaux : elle est apte à nous révéler des faits intéressants ; mais elle ne peut réussir à en saisir les rapports certains et par suite à fonder une théorie chimique du développement des organismes vivants.

(1) Voyez les *Comptes rendus*, principalement : t. XXI, 1845 ; t. XXII, 1846 ; t. XXIII, 1846 ; et aussi : t. XXXIII, 1851 ; t. XXXVI, 1853 ; t. XXXVII, 1853 ; t. XXXVIII, 1854 ; t. XXXIX, 1854 ; t. XL, 1855 ; t, XLI, 1855.

II. — Méthode mixte.

Dans les études qui se rattachent à cette méthode, on a fait vivre invariablement les organismes microscopiques dans les substances animales ou végétales : c'est en faisant varier arbitrairement les autres éléments de la végétation, qu'on a pu apprécier l'influence de chacun d'eux sur les phénomènes de la vie.

Intervention nécessaire du germe dans la formation des êtres organisés inférieurs. — Parmi ces éléments, le *germe* se place en première ligne : si des savants distingués ont soutenu que la matière peut s'organiser sans germe, c'est qu'ils ont trouvé dans l'application de la méthode mixte des faits nombreux, qui leur ont paru inconciliables avec l'intervention de cet agent mystérieux : ce sont ces faits que je vais exposer sommairement.

On sait la controverse mémorable à laquelle Spallanzani et Needham, au XVIII^e^ siècle, consacrèrent leurs efforts dans le but d'éclairer la question de la génération des êtres (1). Les expériences sur lesquelles était fondée cette controverse s'accordèrent toutefois en un point : c'est que les organismes du dernier ordre peuvent apparaître dans des infusions en vases clos chauffées pendant une demi-heure à la température de l'ébullition. Plus tard, Schwann, Schultze, Schrœder et Dusch reprirent ces expériences dans de meilleures conditions (2) : ils soumirent des liquides organiques à une ébullition prolongée, mais ils eurent soin de restituer à ces liquides l'air atmosphérique indispensable à l'entretien de la vie, après l'avoir fortement chauffé ou après l'avoir fait passer à travers la potasse, l'acide sulfurique ou le coton. Quelque traitement que l'air eût subi, les infusions furent quelquefois fécondes. Plus récemment, M. Pouchet (3) présenta à l'appui de la doctrine de l'hétérogénie un ensemble d'expé-

(1) *Annales de chimie et de physique*, 3^e^ série, t. LXIV, p. 7.
(2) *Annales de chimie et de physique*, 3^e^ série, t. LXIV, p. 14.
(3) Pouchet, *Hétérogénie, ou Traité de la génération spontanée*, 1859.

riences variées et ingénieuses qui rappelèrent d'une façon inattendue l'attention des savants sur ce problème. Or il confirma par ses observations personnelles les résultats de Schwann, Schultze, etc., sur la fécondité des liquides chauffés en vases clos. C'est donc un fait constant que des organismes peuvent apparaître dans des milieux dont les éléments ont été chauffés à 100 degrés, ou soumis aux réactifs les plus énergiques, ou filtrés sur le coton : l'hypothèse que des germes ont pu pénétrer et rester intacts jusque dans ces milieux, n'est-elle pas en contradiction avec les propriétés connues des germes ordinaires?

M. Pouchet a étudié également l'influence de l'air naturel ou de matières organiques naturelles, nullement modifiés, sur le développement des germes dans un milieu, et des faits observés il a tiré, à l'appui de l'hétérogénie, d'autres arguments moins directs, mais non moins graves, qui ont pour point de départ une expérience de Gay-Lussac, devenue célèbre :

Gay-Lussac (1) a constaté qu'un grain de raisin, placé dans une cloche exactement remplie de mercure, et écrasé ensuite, ne fermente pas; mais vient-on à introduire dans la cloche la moindre bulle d'air, la fermentation se développe, et alors seulement, la levûre alcoolique s'organise. Les partisans de la génération par germe expliquaient ce phénomène en disant que le grain de raisin est dépourvu du germe de la levûre, et que, la bulle d'air apportant ce germe avec elle, la levûre du vin se développe : cette interprétation paraissait seule rationnelle.

Si la moindre bulle d'air contient des germes de la levûre alcoolique, on ne peut guère se refuser à admettre qu'elle contient aussi des germes d'une foule d'autres espèces microscopiques qui peuplent les infusions aussi fréquemment que la levûre. M. Pouchet (2) vérifia d'ailleurs cette conséquence en prouvant que des infusions diverses, fortement chauffées et abandonnées pendant quelques jours à l'air libre, se peuplent bientôt d'une foule d'organismes d'espèces variées. Or si l'atmosphère contenait, dans chacune de ses moindres parties, les germes de

(1) *Annales de chimie*, t. LXXVI, p. 250.

(2) Pouchet, *Hétérogénie, ou Traité de la génération spontanée.*

toutes ces espèces, il devrait être assez imprégné de ces corpuscules pour en être obscurci. Au reste, parmi les germes des êtres inférieurs, il en est qui sont facilement reconnaissables au microscope. Or, M. Pouchet recueillit, par un procédé qui lui est propre, les poussières de l'air, et affirma n'y avoir rien découvert qui ressemblât à des germes. Comment expliquer ces contradictions issues de l'hypothèse de l'intervention des germes dans la vie des petits organismes?

D'après l'expérience de Gay-Lussac généralisée, les substances organiques naturelles doivent être à peu près dépourvues de germes. Comment donc un liquide naturel, mis en contact avec de l'air calciné, peut-il donner naissance à tant d'espèces différentes? D'autre part, si une bulle d'air contient un si grand nombre de germes, et si un liquide organique en est à peu près dépourvu, comment arrive-t-il, ainsi que l'a fort bien reconnu M. Pouchet, que les espèces vivantes sont plus nombreuses, se développent plus rapidement, à l'air libre, dans un liquide non chauffé que dans un liquide chauffé?

MM. Joly et Musset ont encore étudié l'influence de l'air et des liquides naturels simplement filtrés sur le développement des êtres inférieurs (1) : ils ont puisé directement ces substances dans l'organisme des animaux ou des végétaux, qu'ils ont considérés comme les filtres les plus parfaits qu'on puisse réaliser : cependant ils ont encore vu se produire dans ces conditions des organismes vivants. N'est-il pas bien singulier que des germes puissent traverser ainsi les organes des animaux ou des végétaux?

Sans doute ces objections ne restèrent pas sans réponse; mais on ne parvint à les réfuter qu'à l'aide d'hypothèses aussi peu satisfaisantes que celle qu'il s'agissait de renverser. M. Pasteur comprit que le seul moyen d'éclairer la question consistait à reprendre les expériences qui précèdent par des méthodes plus sévères (2).

A l'aide d'un appareil commode et sûr tout à la fois, M. Pasteur étudia à nouveau le développement des organismes en vases

(1) *Comptes rendus*, t. LI, p. 627 ; t. LIII, p. 369.

(2) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. LXIV, p. 5.

clos, dans des liquides chauffés en contact avec de l'air calciné. L'eau de levûre, chauffée à 100 degrés, ne produisit pas d'organismes. Le lait en produisit dans les mêmes conditions, mais devint stérile à 110 degrés. Ces liquides, par le contact du mercure des laboratoires, se peuplèrent d'êtres vivants. D'ailleurs, les substances rendues stériles par la chaleur redevenaient propres au développement de la vie lorsqu'on y introduisait des germes de végétaux ou d'animalcules. Ainsi, M. Pasteur obtint encore des organismes dans les milieux chauffés, mais il en trouva la cause dans un principe de poids inappréciable, mêlé au mercure ou aux liquides naturels, et capable de résister à la chaleur jusqu'à 110 degrés. Et lorsque M. Pasteur eut démontré que des spores de Mucédinées peuvent rester fécondes après avoir été chauffées à 120 degrés, il n'y eut plus de difficulté à admettre que ce principe pouvait être un germe.

Les causes d'erreur des expériences qui ont précédé celles de M. Pasteur sur l'apparition des organismes en vases clos dans les milieux chauffés, résident donc dans la manipulation des substances sur le mercure et l'emploi d'une température insuffisante. En tenant compte de ces causes d'erreur, on obtient des résultats en complet accord avec l'hypothèse de l'intervention nécessaire des germes dans l'organisation de la matière.

On ne saurait douter de l'exactitude de l'expérience de Gay-Lussac; mais cette expérience réussit parfaitement avec une bulle d'air calciné. C'est donc par quelque effet de son oxygène que l'air agit dans cette circonstance, et non, comme on l'avait supposé, par les germes de levûre qu'il peut contenir. Ainsi, l'expérience de Gay-Lussac a été mal interprétée. Les conséquences que nous en avons tirées sur la distribution des germes dans l'atmosphère et dans les liquides naturels ne sont donc point fondées, et ce point ne peut être éclairé que par des expériences directes.

Pour reconnaître le mode de dissémination des germes dans l'atmosphère, M. Pasteur eut l'idée d'ouvrir en un même lieu un grand nombre de ballons vides d'air, et partiellement remplis d'un liquide chauffé, qu'il fermait ensuite à la lampe. Il re-

connut qu'une partie des ballons ouverts en un lieu quelconque reste stérile, que la proportion des ballons dont le liquide demeuré inaltéré augmente à mesure qu'on s'élève, à mesure que l'air est moins agité (1). Les résultats furent confirmés, d'une manière frappante, par l'ingénieuse expérience des ballons à cols sinueux. On peut donc prélever dans l'atmosphère d'un lieu des volumes d'air très-appréciables qui soient incapables de féconder des liqueurs rendues stériles par la chaleur : le principe de l'air qui ramène la vie dans ces liqueurs est discontinu ; c'est un corps fixe extrêmement petit, qui obéit aux lois ordinaires de la pesanteur. Dans l'hypothèse des germes, nous établissons ainsi que l'air contient ces germes disséminés çà et là, au lieu d'admettre qu'il en est encombré.

Mais alors pourquoi M. Pouchet n'a-t-il pas pu en découvrir directement? M. Pasteur, de son côté, a également recueilli les poussières de l'atmosphère (2), en évitant les causes d'erreur du procédé de M. Pouchet, et parmi les corps inorganisés qui composent presque entièrement ces poussières, il a découvert des organismes tout à fait semblables aux spores des petits végétaux. Bien plus, M. Duclaux a maintenu ces organismes sous le microscope dans des liquides appropriés, et il les a vus germer (3). Dans l'hypothèse de l'intervention des germes dans l'organisation des êtres, tous ces faits ne présentent-ils pas un accord admirable?

S'il y a des germes dans l'air en petit nombre, les substances organiques naturelles qui ont séjourné dans l'air doivent nécessairement en contenir un plus grand nombre, et l'on comprend pourquoi ces substances se montrent fécondes dans l'air calciné, et pourquoi dans l'air naturel elles sont plus riches en espèces variées que des substances identiques préalablement chauffées. Au reste, l'existence des germes qui imprègnent ces substances n'est plus douteuse depuis les intéressantes

(1) *Comptes rendus*, t. LI, p. 348 et p. 675.
(2) *Comptes rendus*, t. L, p. 304.
(3) *Comptes rendus*, t. LVI, p. 1225.

observations de M. Coste (1), qui a recueilli sur du foin, des kystes d'infusoires ciliés et a suivi leurs évolutions dans des liqueurs nutritives.

Enfin il est démontré aujourd'hui qu'on peut rendre stériles les substances organiques naturelles les plus altérables en les filtrant avec beaucoup de soin : M. Pasteur a pu conserver intact, en présence de l'air calciné, du sang naturel, extrait directement des organes (2). M. Donné n'est point parvenu à obtenir d'organismes dans les œufs tant qu'il n'a point pratiqué d'ouverture dans l'enveloppe : cependant, les œufs contiennent une substance très-altérable et de l'oxygène sans cesse renouvelé, grâce à la porosité de l'enveloppe (3). Ainsi, dans les liquides naturels les plus putrescibles, en contact avec de l'air naturel, c'est-à-dire dans les circonstances qui paraissent les plus favorables à l'hétérogénie, la vie ne peut se manifester ; elle exige la présence dans ces milieux de corpuscules solides. Ce dernier résultat n'est-il pas en parfaite harmonie avec l'hypothèse de la nécessité des germes pour l'organisation de la matière?

Avant de rien conclure de cette seconde série d'expériences, il importe de rechercher si, *à part toute interprétation*, les résultats en sont exacts, ou bien s'ils ne sont point entachés *d'erreurs d'expérimentation*.

Ces expériences appartiennent pour la plupart à M. Pasteur : exécutées avec des précautions infinies, elles ont conduit à des résultats entièrement concordants; d'autre part, ceux de ces résultats sur lesquels reposent les arguments contraires à l'hétérogénie ont *été négatifs* : or, il me paraît impossible d'indiquer quelque *faute de manipulation* capable de rendre les liqueurs stériles alors qu'elles devraient être fertiles. Les résultats dont je parle, en tant que faits matériels, présentent donc toutes les garanties d'exactitude.

Mais, dans cet ensemble de faits, on n'a pas signalé jusqu'ici une seule contradiction, avec l'hypothèse de l'intervention

(1) *Comptes rendus*, t. LIX, p. 149.
(2) *Comptes rendus*, t. LVI, p. 734.
(3) *Comptes rendus*, t. LVII, p. 448.

d'un germe pour provoquer l'apparition de la vie. D'ailleurs, M. Pasteur n'a fait que reproduire les expériences des partisans de l'hétérogénie, sans en changer les conditions essentielles, mais en tenant compte des causes d'erreurs manifestes qu'elles renfermaient. Il a donc réduit à néant toutes les contradictions qui semblaient exister entre les faits observés et l'intervention du germe dans la formation des organismes inférieurs.

Si tous les faits sont d'accord avec le principe de la génération par germes aussi bien qu'avec celui de la génération spontanée, nous n'avons pas à hésiter : il serait illogique d'opter pour la génération spontanée ; car, dans les théories physiques, on doit chercher à ramener les phénomènes à des lois de moins en moins nombreuses, et c'est un progrès que de rattacher tout un ordre de faits à une loi connue, au lieu de créer pour lui une hypothèse nouvelle. C'est ce genre de progrès qu'a réalisé M. Pasteur.

Mais ses expériences ont une plus haute portée.

Traduisons les résultats de ces expériences dans la théorie de la *génération ordinaire* : M. Pasteur suppose que partout où se développe une espèce quelconque d'organisme, là existe un germe de cette espèce ; par ses expériences successives, il détermine indirectement certaines propriétés de ce germe : résistance à la chaleur, mode de dissémination dans l'air et dans les divers milieux, caractères physiques, etc., et toutes ces propriétés s'accordent avec celles qui résultent de l'observation directe : cependant l'hypothèse fondamentale subsiste, se fortifie, se précise de plus en plus, sans qu'il soit nécessaire de lui adjoindre quelque nouvelle hypothèse.

Essayons de traduire les mêmes résultats dans la théorie de la *spontéparité*. L'aptitude de la matière *inorganisée*, qui contient les éléments essentiels des êtres vivants, à créer *sans germe* des organismes, voilà l'hypothèse fondamentale. Pour expliquer l'action de la chaleur sur le développement des organismes, M. Pouchet lui-même est obligé de restreindre la première hypothèse par une seconde, et d'admettre que la génération ne se développe spontanément que dans la matière qui a eu vie, et à

la condition qu'elle ne soit pas trop modifiée par la chaleur, les réactifs chimiques, etc. (1). Mais les résultats des expériences avec de l'air atmosphérique limité, avec des liquides puisés directement dans l'organisme, appellent impérieusement une troisième hypothèse : pour que les substances naturelles, même les mieux appropriées à la vie, même celles qui n'ont point été modifiées artificiellement, produisent des organismes, il faut qu'elles contiennent des corpuscules solides, de poids très-faible, altérables par la chaleur, insaisissables, et qui ne sont point des germes (2).

Ainsi, je vois d'un côté l'hypothèse d'un *élément* (le germe), dont l'expérience ne fait que déterminer de plus en plus les propriétés naturelles, sans que le principe fondamental et les observations soient jamais en désaccord. Je vois d'autre part une hypothèse qu'il est nécessaire de restreindre, à mesure que l'on avance, par des hypothèses nouvelles. Cette comparaison de la marche progressive des deux théories ne parle-t-elle pas assez haut en faveur de la première? En physique, n'est-ce pas sur des caractères de ce genre que l'on s'appuie ordinairement pour prononcer en dernier ressort sur la valeur relative de deux théories opposées ?

Après cela, peut-on démontrer directement qu'il n'existe point de génération spontanée? Évidemment non. Mais qu'importe? L'observation directe des éléments mêmes de la génération nous échappe : les faits extérieurs qui en résultent, les lois qui représentent ces faits, voilà ce que l'expérience peut atteindre, voilà ce qui importe en réalité. Il n'en est pas autrement dans les recherches les plus élevées de la *Physique*, et M. Pasteur a eu le mérite d'étendre les plus rigoureuses méthodes de cette *Science* à un *Problème* qui semblait relégué dans le domaine de l'imagination.

La question de la génération des êtres vivants est à peu près épuisée; mais elle peut renaître indéfiniment : il suffit, pour qu'elle se pose à nouveau, qu'un expérimentateur, imitant en

(1) Pouchet, *Hétérogénie, ou Traité de la génération spontanée*, p. 335.
(2) *Annales de chimie et de physique*, t. LXIV, p. 70.

cela MM. Pouchet, Joly et Musset, reproduise dans des conditions nouvelles quelques-unes des expéri ences de M. Pasteur, et qu'à la place des *résultats négatifs* de ce savant, il obtienne des *résultats positifs* (1). Avant de rechercher si les conditions de ces nouvelles expériences ne cachent pas de causes d'erreur, il faudrait examiner si les résultats eux-mêmes ne peuvent pas être attribués à quelque *faute d'expérimentation*. Or il est établi aujourd'hui qu'il existe dans les vases, dans les liquides naturels, dans l'air, etc., des principes imperceptibles qui suffisent à développer des organismes dans les liquides appropriés à la nutrition de ces êtres ; ces principes peuvent donc toujours, par les *fautes d'opération* les plus insaisissables, se glisser, à l'insu de l'expérimentateur, dans les milieux des expériences. Ils constituent alors une cause d'erreur suffisante pour expliquer les résultats, *lorsqu'ils sont positifs*. Ceux-ci, *tant qu'ils n'ont pas été contrôlés par de nombreuses expériences de vérifications*, ne sont donc pas réellement en contradiction avec la théorie de la génération par germes.

Des circonstances chimiques et physiques nécessaires au développement des êtres inférieurs. — Les substances chimiques dont le concours assure le développement des êtres inférieurs sont l'eau, une matière organique, l'oxygène de l'air. La nécessité de l'*eau* ne saurait être douteuse. La nécessité d'une *substance animale* ou *végétale* résulte des plus simples observations ; car l'eau ordinaire produit peu d'organismes, et elle en engendre de moins en moins à mesure qu'elle devient plus pure. L'intervention de l'*oxygène de l'air*, moins manifeste, n'est pas moins essentielle ; car il y a longtemps que de Saussure a remarqué qu'une plante flétrie, dans l'air humide, se couvre constamment de moisissures, mais n'en prend point dans le gaz azote, et que les moisissures, une fois formées, ne font aucun progrès dans un gaz entièrement dépouillé d'oxygène (2). D'après l'expérience de Gay-Lussac, les organismes désignés sous le nom de *ferment*

(1) *Comptes rendus*, t. LVII, p. 558 ; t. LV, p. 486.

(2) Th. de Saussure, *Recherches chimiques sur la végétation*, p. 196.

paraissent avoir besoin d'oxygène pour commencer à se développer, mais peuvent sans ce gaz continuer à se propager dans un milieu qui en renferme déjà quelques-uns.

Le degré d'*acidité* ou d'*alcalinité* des milieux exerce sur le développement des organismes une influence considérable. Dutrochet(1) a remarqué que les végétaux inférieurs ne se développent pas dans des milieux trop acides ou trop alcalins, et que la nature de ces végétaux paraît varier avec les propriétés acides ou alcalines des liqueurs. MM. Andral et Gavarret (2) précisèrent ces observations en un point : ils obtinrent d'une façon constante des moisissures dans le sérum du sang, le blanc d'œuf, etc., en acidifiant légèrement ces liquides. Mais c'est M. Pasteur qui a déterminé le sens général de ces influences : il a reconnu qu'un certain état d'acidité ou d'alcalinité du milieu organique favorise au plus haut degré le développement d'une espèce déterminée; et que cet état est variable d'une espèce à une autre. Ainsi, dans les liqueurs acides, les Mucédinées et les Mycodermes prédominent; les végétaux-ferments se plaisent dans les liquides à peu près neutres; les infusoires s'accommodent mieux d'un liquide alcalin. Le même chimiste, dans ses travaux sur les êtres inférieurs, a continuellement mis à profit ces propriétés pour obtenir à volonté telle ou telle espèce vivante à l'exclusion des autres (3).

Il faut encore ajouter aux circonstances essentielles du développement des êtres inférieurs la *température* du milieu qu'ils habitent : 10 degrés et 45 degrés, voilà en général les limites extrêmes au delà desquelles la vie de ces petits êtres cesse de se manifester.

Un germe, de l'eau, de l'oxygène, une matière organique naturelle, un certain degré d'acidité ou d'alcalinité du milieu, une température convenable, telles sont donc les principales conditions du développement d'une espèce organisée dans un milieu défini.

(1) *Annales des sciences naturelles*, 2e série, t. I, p. 136.
(2) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. VIII, p. 385.
(3) *Ibid.*, 3e série, t. LII, p. 404.

Relations entre le développement des êtres vivants et les transformations chimiques des milieux qu'ils habitent, ou théorie des fermentations. — Il nous reste à étudier les transformations chimiques des substances organiques ou les *fermentations* qui accompagnent généralement l'organisation de la matière dans les milieux naturels. Ces transformations nous intéressent moins ici par elles-mêmes que par les relations qu'elles peuvent présenter avec les organismes vivants qui se développent parallèlement dans les mêmes milieux ; la détermination de ces relations, ou, en d'autres termes, la théorie des fermentations doit être fondée sur la recherche des conditions essentielles de ces métamorphoses : la méthode mixte, en faisant varier tour à tour les diverses circonstances de ces phénomènes, va nous conduire directement à ce but.

Lorsque l'observation nous eut appris que certaines substances naturelles abandonnées à elles-mêmes donnent naissance d'une manière assez constante à des composés spéciaux ; lorsque l'analyse eut mis les chimistes sur la trace des principes immédiats qui prennent part à ces transformations, on chercha à reproduire artificiellement ces phénomènes en mettant ces principes dans des conditions convenables. C'est la fermentation alcoolique, tant par son importance que par la facilité avec laquelle elle peut se reproduire identique avec elle-même, qui a le plus excité la curiosité des savants et qui a été le point de départ de toute recherche sur les autres fermentations.

Dès la fin du siècle dernier on savait, principalement par les expériences de Fabroni, que le sucre subit la fermentation alcoolique par le contact de diverses substances organiques naturelles, telles que la levûre de bière, des fleurs, des feuilles, etc. Plus tard Colin ajouta à ces substances la pâte de farine, le gluten, la viande, le blanc d'œuf, le fromage, l'urine, etc. (1). On réussit également à produire d'une façon régulière d'autres fermentations, en mêlant au corps fermentescible des matières analogues dans des conditions convenables.

(1) *Annales de chimie et de physique*, t. XXVIII, p. 128.

Ce qui parut le plus remarquable dans tous ces faits, c'est le caractère commun à toutes les matières complexes qui produisent les fermentations : aussi Fabroni (1) posa-t-il en principe que la fermentation alcoolique consiste dans le dédoublement du sucre sous l'influence d'une matière végéto-animale semblable au gluten de Beccari, et il assimila à la fermentation alcoolique toutes les autres fermentations. Les chimistes qui s'occupèrent de ce sujet depuis Fabroni jusqu'à M. Berthelot (2) adoptèrent cette idée fondamentale en la précisant, en la généralisant, et peu à peu il fut établi que les fermentations ordinaires *consistent dans le dédoublement d'un composé par l'influence d'une substance organique azotée :* ce principe n'était du reste que la traduction littérale d'un certain nombre de faits. Mais ce genre de réaction, dont on n'apercevait pas le mécanisme, présentait ce caractère singulier : que le composé qui se modifiait et les produits de la réaction formaient entre eux une équation complète, et que la matière albuminoïde, dont l'intervention était reconnue nécessaire, ne paraissait point se transformer. *On admit donc que la matière azotée reste inaltérée, tout en produisant le dédoublement du composé fermentescible*, phénomène que Fabroni rapprocha de la décomposition d'un carbonate par un acide, et que Berzelius, sans l'expliquer davantage, rendit du moins vraisemblable en le faisant rentrer dans la classe des phénomènes catalytiques (3).

Cependant Thenard (4) avait depuis longtemps affirmé que la levûre de bière, mise en contact avec le sucre, diminue de poids et perd de l'azote, et plus tard Dœbereiner retrouva cet azote à l'état d'ammoniaque dans le liquide fermenté. C'est pour expliquer les faits de ce genre que M. Liebig modifia la théorie du contact (5). Dans son opinion, la substance fermentescible

(1) *Annales de chimie*, t. XXXI, p. 299.

(2) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. L, p. 322.

(3) Berzelius, *Traité de chimie : Fermentation vineuse.*

(4) *Annales de chimie*, t. XLVI, p. 294.

(5) Liebig, *Chimie organique appliquée à la physiologie végétale*, p. 224, et *Lettres sur la chimie*, 16e et 28e lettres.

ne se transforme qu'*autant que la matière azotée se décompose parallèlement.*

D'autre part, M. Liebig attribua le résultat de l'expérience de Gay-Lussac, et le fait de la conservation des matières organiques par le procédé d'Appert, à la *nécessité de l'oxygène pour commencer la décomposition du ferment azoté.* C'est par ces principes que l'illustre chimiste allemand rendit compte des phénomènes de fermentation, de putréfaction, de combustion lente, de contagion, etc., et qu'il rapporta la cause intime à l'ébranlement moléculaire qu'une substance en décomposition communique à d'autres substances avec lesquelles elle est en contact.

MM. Fremy et Boutron (1) complétèrent cette théorie en admettant que le même ferment peut, *suivant le degré de décomposition auquel il est parvenu, devenir tour à tour ferment alcoolique, lactique, butyrique*, etc.: ils exprimaient ainsi le fait de l'apparition successive de l'alcool, de l'acide lactique, de l'acide butyrique, etc., dans des liquides abandonnés à eux-mêmes.

De 1835 à 1837, Cagniard de Latour établit que la levûre est un amas de globules susceptibles de se reproduire par bourgeonnement. C'était introduire dans la question une circonstance nouvelle : *le développement d'êtres organisés pendant la fermentation* (2). Mais tant qu'on ne faisait pour ainsi dire que noter les phénomènes secondaires qui accompagnaient la fermentation, cette observation, en jetant du doute sur la théorie de M. Liebig, compliquait le problème sans l'avancer en rien. Pour tirer parti du fait découvert par Cagniard de Latour, il fallait élever la méthode d'observation vague et incertaine dont on s'était servi à la hauteur d'une méthode vraiment scientifique : il fallait avant tout étudier la fermentation dans un cas parfaitement défini; il fallait dans ce cas particulier simplifier autant que possible la composition des milieux, et faire varier suivant

(1) *Annales de chimie et de physique,* 3e série, t. II, p. 257.

(2) *Annales de chimie et de physique,* 2e série, t. LXVIII, p. 206.

des lois simples les principales circonstances de la fermentation, afin d'en saisir les corrélations. Tel est le genre de progrès qui conduisit M. Pasteur aux découvertes les plus inattendues.

C'est la fermentation alcoolique qui servit de base à ses études (1) ; mais il s'aperçut bientôt que le choix d'un mélange de sucre et d'un ferment solide était une condition très-désavantageuse : la structure organisée d'un tel ferment pouvait masquer la production des organismes ; sa constitution chimique très-complexe entourait de difficultés l'appréciation des réactions intérieures. Aussi cet habile chimiste avança-t-il beaucoup l'étude de la question quand il substitua à ces matières un mélange formé de sucre, d'eau de levûre et d'une trace de levûre fraîche, mélange à l'aide duquel il put obtenir des fermentations d'une régularité parfaite.

C'est en opérant dans ces conditions qu'il put établir les principes suivants sur lesquels repose la théorie nouvelle :

La matière albuminoïde de l'eau de levûre n'est pas décomposée pendant la fermentation ; elle ne dégage ni azote, ni ammoniaque. Ainsi, contrairement à ce que croyait M. Liebig, la décomposition de la matière organique azotée n'intervient pas dans le phénomène de dédoublement du sucre. En effet, si l'on réunit dans un même vase, du sucre, de l'eau de levûre, de l'air ordinaire, et si, par un des moyens indiqués dans l'étude de la génération spontanée, on empêche les organismes de s'y développer, le sucre aussi bien que la matière albuminoïde restent inaltérés. Ce fait renverse donc toutes les théories qui posaient en principe que la matière albuminoïde, seule ou aidée de l'oxygène de l'air, suffit à provoquer la destruction du sucre. Mais si au sucre et à l'eau de levûre on ajoute au contraire une trace de levûre fraîche, le sucre fermente, et la levûre s'organise aux dépens d'une partie des éléments du sucre et de l'eau de levûre ; elle vit réellement, mais elle vit sans avoir besoin d'oxygène, contrairement à la plupart des végétaux inférieurs. Toutes les fois

(1) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. LVIII, p. 323.

que la fermentation est simplement alcoolique, la levûre de bière est pure d'organismes étrangers, et réciproquement. Il existe donc une corrélation constante entre cette fermentation et la présence d'un végétal déterminé vivant sans oxygène. Le rôle des matières albuminoïdes dans la fermentation consiste principalement à fournir aux globules de levûre la matière azotée qui entre dans leur constitution.

Le poids de sucre décomposé dans un temps donné n'est en relation ni avec la quantité de produits solubles de la levûre, ni avec le poids de levûre toute formée, qui existent dans la liqueur, mais avec le poids de la levûre qui s'est organisée pendant la fermentation : celle-ci est donc bien corrélative du *développement* du végétal, et non de la présence du végétal tout formé ou des produits chimiques auxquels il donne naissance.

Si la levûre de bière est mêlée à d'autres organismes, la fermentation alcoolique se compliquera d'autres fermentations; mais l'alcool et la levûre de bière varieront toujours dans le même sens : cette expérience complexe vérifie les résultats précédents, et démontre que la fermentation alcoolique est corrélative du développement d'une seule espèce de végétal.

Enfin, toutes les circonstances de la fermentation de divers mélanges de sucre et de levûre, ou de sucre et de matières organiques solides, présentent un accord merveilleux avec les principes qui viennent d'être exposés.

La méthode suivie par M. Pasteur dans l'étude de la fermentation alcoolique peut donc être appliquée avec succès à tout phénomène de même genre.

Lorsqu'on entreprend l'étude d'une fermentation spéciale, on doit avant tout faire choix d'un milieu organique, dans lequel cette fermentation se produise naturellement avec régularité, et étudier au microscope les organismes qui l'accompagnent.

On cherche alors à la reproduire avec la même régularité dans un mélange artificiel formé de la substance fermentescible et d'un liquide albuminoïde, avec semences des organismes de la fermentation naturelle.

On essaye ensuite d'obtenir dans ce mélange artificiel le dé-

veloppement régulier de l'espèce d'organismes qui accompagne le plus souvent la fermentation qu'on étudie, et l'on s'assure que le phénomène chimique continue à se manifester avec les caractères qui lui sont propres.

Ces conditions une fois remplies, on interroge l'expérience pour savoir si la suppression des organismes par la chaleur, les antiseptiques, ou les divers moyens indiqués dans l'étude du germe, etc., supprime aussi la fermentation, et si l'apparition à l'état pur du ferment organisé dans les mêmes liquides développe aussitôt la fermentation sans mélange de produits étrangers : la corrélation du phénomène chimique et de quelque circonstance du phénomène vital est alors établie.

Mais on doit s'assurer en outre que ni les substances solubles sécrétées par les organismes vivants, ni la matière organisée de ces êtres, dont le développement est arrêté, ne peuvent seules exciter la fermentation ; on doit vérifier que le poids des produits de la fermentation est à peu près proportionnel au poids du ferment développé corrélativement. Si ces conditions sont remplies, il y a nécessairement corrélation entre le phénomène chimique et le développement progressif des êtres ferments.

Il importe encore de remplacer le ferment organisé par d'autres espèces, pour établir que la fermentation spéciale dont il s'agit lui appartient en propre.

Viennent ensuite les expériences de vérification. Après avoir étudié une seule fermentation dans un milieu simple, il faut la suivre encore dans ce même milieu lorsqu'elle est compliquée par d'autres fermentations ; il faut la rechercher aussi jusque dans des milieux naturels plus complexes, et vérifier si les nouveaux résultats sont en harmonie avec les premiers.

Grâce à la sûreté de cette méthode, les principaux phénomènes chimiques qui accompagnent d'ordinaire le développement des êtres inférieurs dans les milieux organiques sont aujourd'hui connus dans ce qu'ils ont d'essentiel. Physiologiquement, ils paraissent pouvoir se diviser en trois classes :

1° Dans les *fermentations proprement dites*, un composé se dédouble en d'autres composés plus simples, *corrélativement*

au développement d'un être organisé qui vit sans oxygène, et dont l'espèce varie avec la nature de la fermentation. J'en citerai quelques exemples :

La fermentation alcoolique, la fermentation lactique, la fermentation visqueuse, sont caractérisées par le dédoublement du *sucre* en produits différents sous l'influence de *ferments végétaux* particuliers (1). Dans la fermentation butyrique, le sucre se transforme encore ; mais cette fois sous l'influence d'un *infusoire-ferment :* premier et frappant exemple, signalé par M. Pasteur (2), d'animalcules vivant sans oxygène. Dans la fermentation de l'urée, si complétement éclairée par les recherches de M. Van Tieghem, ce n'est plus le sucre qui se dédouble, mais *un composé quaternaire*, qu'un végétal réduit en carbonate d'ammoniaque (3).

2° On observe aussi dans les milieux organiques des *transformations de composés ternaires* qui sont encore *corrélatives de la présence d'êtres organisés,* mais qui exigent l'*intervention de l'oxygène de l'air.*

On sait, d'après les expériences de M. Pasteur, que le *Mycoderma aceti* fixe l'oxygène de l'air sur l'alcool pour en faire de l'acide acétique : cette oxydation est encore un phénomène propre à une seule espèce de végétal ; mais ici le végétal tout développé paraît agir par sa présence (4).

M. Van Tieghem a trouvé le secret de la transformation du tannin en acide gallique, dans l'action du mycélium du *Penicillium glaucum* ou de celui de l'*Aspergillus niger* en voie de formation : ici l'oxygène de l'air intervient encore nécessairement, non dans la transformation du tannin, mais dans le développement du végétal (5).

(1) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. LVIII, p. 323 ; t. LII, p. 404.

(2) *Comptes rendus*, t. LII, p. 344.

(3) Van Tieghem, *Recherches sur la fermentation de l'urée et de l'acide hippurique*, 1864.

(4) *Comptes rendus*, t. LIV, p. 160 et p. 265.

(5) Van Tieghem, *Recherches pour servir à l'histoire physiologique des Mucédinées. — Fermentation gallique.*

Enfin, lorsque les Mucédinées, les Mycodermes, etc., se développent activement, ils brûlent complétement les composés ternaires et les transforment à l'aide de l'oxygène de l'air en acide carbonique et en eau.

Ces divers degrés d'oxydation paraissent correspondre à des degrés de vitalité différents; car le *même végétal* peut oxyder plus ou moins le même composé, suivant qu'il se développe plus ou moins rapidement, ainsi qu'il résulte des observations de MM. Pasteur et Van Tieghem. Il y a plus : les ferments proprement dits se rattachent encore d'une façon lointaine aux organismes aériens, car dans certains cas ils paraissent pouvoir vivre en absorbant surtout de l'oxygène, au moment de leur naissance. Il est donc probable que la *fermentation proprement dite* et la *combustion complète* par les êtres organisés ne sont que les termes extrêmes d'une même série de phénomènes.

3° En dehors de ces faits, se placent les *réactions intimes* des substances chimiques des milieux organiques, *qui ne sont pas corrélatives de la présence des êtres vivants.*

A cet ordre de phénomènes appartient l'*interversion du sucre* dans les matières qui fermentent ou qui se couvrent de moisissures, car il est bien vrai que ce sont des êtres organisés qui provoquent ce phénomène; mais il résulte des observations de Mitscherlich que ces êtres n'agissent pas par eux-mêmes, mais par une substance chimique qu'ils développent, et que M. Berthelot paraît avoir isolée (1).

La gangrène, les modifications de la viande qui se faisande (2), certaines altérations des œufs dont l'enveloppe est restée intacte (3), paraissent aussi se produire à l'abri des êtres vivants, par le seul jeu des réactions de la matière inorganisée.

Après avoir étudié les transformations naturelles de certains composés dans les milieux organiques, il serait très-intéressant de les remplacer par d'autres corps chimiquement analogues,

(1) *Comptes rendus*, t. L, p. 980.
(2) *Ibid.*, t. VI, p. 1194.
(3) *Ibid.*, t. LVIII, p. 950.

afin de saisir les relations qui peuvent exister entre les propriétés chimiques et les propriétés physiologiques d'une même classe de combinaisons définies.

C'est ainsi que M. Berthelot a rapproché, par la propriété de fermenter alcooliquement, le sucre de canne, de raisin, de lait, le sucre interverti, et la sorbine, la glycérine, la mannite, la dulcine, composés entre lesquels il avait observé de remarquables analogies chimiques ; mais les résultats du travail de M. Berthelot manquent peut-être de netteté dans les détails, parce que les milieux des fermentations étaient trop complexes, et que les fermentations étaient multiples (1).

C'est ainsi que M. Pasteur, en observant les transformations des substances actives sur la lumière polarisée par l'influence des organismes inférieurs, est parvenu à démontrer l'intervention de la dissymétrie moléculaire dans les phénomènes chimiques de la vie (2).

La détermination rigoureuse de l'équation chimique de chaque fermentation est le complément nécessaire de ces études. L'analyse chimique en atteindra sûrement tous les éléments, pourvu qu'elle s'attache au cas du développement d'une seule espèce organisée dans un liquide simple, analogue à ceux qui ont servi aux recherches fondamentales de M. Pasteur sur les fermentations. C'est en opérant, en effet, dans ces conditions qu'il rectifia et compléta l'équation chimique de la fermentation alcoolique, et que M. Van Tieghem fixa définitivement l'équation de la fermentation du tannin : jusque-là l'analyse, appliquée à des cas trop complexes, n'avait pu déterminer sûrement les équations de ces phénomènes.

J'ai exposé dans son ensemble la théorie des fermentations telle que M. Pasteur l'a fondée. Supprimer tour à tour chacune des circonstances d'une fermentation ; chercher si cette circonstance et cette fermentation apparaissent et disparaissent en même temps, et de là conclure que l'une et l'autre sont corréla-

(1) *Comptes rendus*, t. XLIII, p. 238.
(2) *Ibid.*, t. XLVI, p. 615.

tives, voilà tout le principe de cette théorie. Envisagée sous cet aspect, elle apparaît comme la représentation exacte des faits, et elle semble inattaquable. Aussi lorsqu'on l'a combattue, c'est qu'on n'en a pas exactement compris la portée : tantôt on a nié la spécificité des organismes-ferments en s'appuyant sur ce fait qu'une fermentation peut être accompagnée d'organismes différents; on a confondu alors une simple coexistence avec une relation nécessaire (1). Tantôt on a soutenu que les organismes n'excitent la fermentation qu'en vertu des composés chimiques qu'ils produisent. Ici on a fait une double erreur : d'une part, on a assimilé au phénomène de l'*interversion du sucre* les fermentations proprement dites, dont les caractères sont essentiellement différents; de l'autre, on a préjugé sans preuve du mode d'action des forces intimes de la matière. Or, la théorie de M. Pasteur ne va pas si loin : elle ne prétend pas atteindre jusqu'à ces forces élémentaires qui échappent à l'expérience; elle en recherche simplement les manifestations extérieures, qui sont les relations des diverses circonstances de chaque phénomène (2).

Applications de la méthode mixte. — Les études qui précèdent, établissent des relations entre la vie des *organismes inférieurs* et les transformations de la matière des *animaux* ou des *végétaux supérieurs ;* c'est-à-dire qu'elles nous révèlent le secret des phénomènes chimiques de l'ordre le plus élevé, de ceux même qui nous intéressent le plus directement.

Elles ont conduit M. Pasteur (3) à expliquer comment la matière des grands animaux ou des grands végétaux, soustraite à l'influence de la vie, est envahie par une foule d'organismes microscopiques qui lui font subir des phénomènes successifs de fermentation et d'oxydation dont les produits définitifs sont l'eau, l'acide carbonique, l'ammoniaque, etc. Ainsi, le rôle de ces petits êtres est de restituer à la masse des minéraux toute la matière

(1) *Comptes rendus,* t. LXI, p. 374.
(2) *Ibid.*, t. L, p. 980.
(3) *Ibid.*, t. LVI, p. 1194.

organique que les animaux n'utilisent pas directement, condition nécessaire pour que cette matière puisse revenir aux végétaux et rentrer dans le cercle de la vie.

Parmi les transformations naturelles des substances organiques, il en est que l'industrie recherche tout spécialement pour en utiliser les produits. La science peut donc venir en aide à la pratique en lui apprenant à favoriser le développement des organismes liés à ces transformations, ou à éloigner des milieux en fermentation les organismes étrangers nécessairement nuisibles.

C'est ainsi que M. Pasteur substitua aux anciens procédés de fabrication du vinaigre un procédé rationnel, fondé sur les relations de l'acétification de l'alcool et de la présence du *Mycoderma aceti* (1).

Un peu plus tard il appliqua les résultats de ses études sur les petits organismes à un cas beaucoup plus complexe : il chercha le secret de ces modifications délicates que le vin subit avec le temps, dans les circonstances diverses de la pratique. Il fut assez heureux pour en découvrir les deux lois fondamentales. On sait que le vin peut éprouver avec le temps deux sortes de transformations : les unes constituent les *maladies*, les autres ce qu'on appelle le *vieillissement* du vin. Après de nombreuses expériences, il reconnut que chaque maladie du vin est corrélative du développement d'êtres organisés d'espèce déterminée, et qu'au contraire la propriété de vieillir est indépendante de la vie des organismes, qu'elle est due aux réactions des principes chimiques du liquide par l'action lente et nécessaire de l'oxygène de l'air (2).

Ce sont ces résultats qui lui ont suggéré l'idée d'*appliquer la chaleur à la conservation du vin*, et qui lui ont fait admettre :

1° Que le chauffage, en tuant les germes des organismes du vin, le préserve de toutes les maladies.

(1) *Comptes rendus*, t. LV, p. 28.

(2) *Études sur le vin ; ses maladies, causes qui les provoquent ; procédés nouveaux pour le conserver, le vieillir, etc.*, par M. Pasteur, 1866.

2° Qu'il n'empêche pas le vin de vieillir, par cela même que la propriété de vieillir est indépendante des organismes.

3° Qu'une température de 60 degrés suffit pour détruire les germes contenus dans le vin.

Toutes ces conditions paraissent nécessaires pour assurer la valeur pratique du procédé de conservation du vin par le chauffage. Or, pour les déterminer sûrement, il fallait prendre pour guide l'ensemble des travaux théoriques sur le développement des petits organismes. Aussi avait-on maintes fois chauffé du vin sans reconnaître les véritables effets de la chaleur sur ce liquide ; et Appert lui-même, bien que guidé par le fait de la conservation des substances alimentaires par la chaleur, avait avancé que ce traitement aiderait à la conservation du vin, sans cependant réussir à le démontrer par l'expérience.

Les recherches de M. Pasteur sur les maladies épidémiques du ver à soie constituent aussi une importante application des méthodes expérimentales aux phénomènes de la physiologie.

On avait bien remarqué avant ce chimiste que certains *corpuscules* accompagnaient fréquemment, dans les vers à soie, la maladie de la *pébrine*. Mais ce fait pouvait n'être qu'une simple coïncidence d'une importance tout à fait secondaire. Lorsqu'en contagionnant des vers sains au moyen de corpuscules, il réussit à leur communiquer la pébrine avec ses caractères habituels, il établit ainsi, par ce seul résultat, qu'il y a corrélation entre l'altération des organes par la pébrine et le développement des corpuscules. Dès lors l'étude de cette maladie se ramenait à la recherche des conditions du développement de ces petits êtres ; au point de vue pratique, il suffisait même d'examiner les conditions les plus extérieures, celles dont l'étude appartient en propre à la méthode mixte.

Parmi ces conditions extérieures, M. Pasteur étudia principalement l'*influence des germes des corpuscules sur la propagation de ces êtres*. Bientôt il reconnut que ces germes peuvent être

transmis par hérédité, et que ce mode de transmission a, au point de vue pratique, sur le développement des corpuscules, une influence prédominante. Pour arrêter la maladie, il fallait donc supprimer l'infection par hérédité, en éliminant comme reproducteurs tous les vers capables de transmettre les germes corpusculaires ; et, pour reconnaître ces vers, il fallait rechercher des caractères à la fois certains et pratiques. Tels sont les principes sur lesquels il fonda un procédé rationnel de grainage qu'il appliqua également avec succès à une autre maladie des vers à soie, la *flacherie* (1), maladie corrélative du développement d'autres *parasites*.

Ces travaux sur les vers à soie nous révèlent donc un procédé général pour l'étude rationnelle des maladies contagieuses : il consiste dans l'application de la méthode suivie dans l'étude d'une fermentation par laquelle il faut rechercher avant tout si un être microscopique d'une espèce spéciale accompagne ordinairement la maladie. On essayera alors de le faire développer dans des sujets sains, en les contagionnant avec les germes du parasite, et, si la maladie se présente avec tous ses caractères, on pourra en conclure qu'il y a corrélation entre le développement de cet organisme et les transformations chimiques des substances des organes qui constituent la maladie. Il restera alors à étudier l'influence des circonstances extérieures sur le développement du parasite, telles que les divers modes de transmission de ses germes, les conditions de température, d'aération, de nutrition des êtres aux dépens desquels il se propage, etc. De cette étude résulteront les moyens pratiques à employer pour combattre l'épidémie.

Résultats de la méthode mixte.—La méthode mixte, appliquée aux êtres inférieurs, a résolu un ensemble de questions parfaitement déterminé.

D'abord elle nous a fait connaître les principales conditions

(1) *Comptes rendus*, années 1865, 1866, 1867, 1868, 1869.

du développement de ces organismes : un germe, de l'oxygène, de l'eau, *une matière complexe d'origine organique*, un certain degré d'acidité ou d'alcalinité, une certaine température.

Ensuite elle a abordé l'étude des transformations spontanées de substances organiques définies qu'on ajoute à une dissolution de matières albuminoïdes ; elle a reconnu que ces transformations consistent, soit en des dédoublements, soit en des phénomènes d'oxydation qui peuvent être représentés par des équations chimiques dont ne font pas partie les principes des organismes vivants qui se développent parallèlement.

Enfin elle a déterminé les relations qui unissent ces transformations à la vie des organismes inférieurs dans les mêmes milieux.

Cette méthode, appliquée avec un succès inespéré à l'étude des transformations qui s'accomplissent sous l'influence des organismes microscopiques, soit dans les êtres vivants, soit dans les matières organiques que l'industrie met en œuvre, a montré qu'elle peut porter la lumière dans les plus utiles questions de la pratique, comme dans les plus hauts problèmes de la physiologie.

La méthode mixte est donc incontestablement supérieure à la méthode analytique, puisqu'elle a pénétré beaucoup plus avant dans l'étude des phénomènes de la vie chez les organismes inférieurs que chez les grands végétaux. Aussi est-il à remarquer que l'application rationnelle de cette méthode à la physiologie des petits organismes est de date très-récente, et qu'il n'est guère jusqu'ici qu'un côté, fort essentiel il est vrai, des phénomènes chimiques de la vie des êtres inférieurs que cette méthode ait laissé dans l'ombre : je veux parler de l'influence des *divers éléments de la matière organique azotée* sur le développement de ces êtres.

III. — Méthode synthétique.

Possibilité du développement des organismes inférieurs dans un milieu artificiel formé d'éléments chimiques définis. — La méthode

synthétique repose sur la possibilité de trouver des milieux propres au développement des êtres organisés qui soient exclusivement formés de composés chimiques définis. A priori, on ne saurait conclure des expériences relatives aux grands végétaux, que les organismes inférieurs peuvent vivre dans des milieux artificiels, car il est bien certain que ces petits êtres ne réduisent pas l'acide carbonique à la lumière, puisent leurs principaux éléments dans les substances organiques, et paraissent tout d'abord s'écarter complétement de la manière de vivre des grands végétaux. C'est donc à l'expérience à prononcer.

Dès 1834, M. Morren vit naître dans l'eau de source des animalcules verts dont il fit une étude suivie (1). En 1858, M. Béchamp obtint des moisissures dans l'eau sucrée mêlée de divers sels (2). M. Bineau alla même plus loin : il reconnut, en 1853, que des Algues qui croissaient dans l'eau de pluie faisaient disparaître l'ammoniaque qui y était contenue naturellement, ou celle qu'on y ajoutait en petite quantité. Mais les quantités toujours très-faibles de ces productions pouvaient être attribuées à la présence de traces de matières complexes d'origine organique; la preuve en est que les auteurs de ces expériences ne portèrent nullement leur attention sur la formation possible des organismes inférieurs aux dépens des composés chimiques définis des liquides dont ils se servaient.

La question restait donc entière, lorsque M. Pasteur entreprit ses expériences sur la fermentation alcoolique. La formation des principes ternaires de la levûre aux dépens du sucre, la disparition de l'ammoniaque des liqueurs en fermentation, fixèrent son attention ; il se demanda si le sucre, l'ammoniaque et les éléments minéraux de la levûre ne suffiraient pas à créer le *végétal-ferment* de toutes pièces, et il composa le milieu artificiel suivant :

Eau pure	100
Sucre candi	10
Tartrate d'ammoniaque	0,1
Cendres de 1 gramme de levûre.	
Traces de levûre fraîche.	

(1) *Annales des sciences naturelles*, Zoologie, 2e série, t. III, p. 5.

(2) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. LIV, p. 28.

Il se forma peu à peu de la levûre, en poids très-supérieur aux traces de matières organiques qui pouvaient exister dans le milieu, et identique par sa composition avec la levûre naturelle. En même temps tous les phénomènes de la fermentation ordinaire se produisirent. Mais le poids de levûre formée et l'intensité du phénomène chimique furent incomparablement plus faibles que dans les liquides albuminoïdes. Le problème fondamental de la méthode synthétique était donc résolu.

Voici d'ailleurs en quels termes M. Pasteur résume cette mémorable expérience :

« Les résultats suivants montreront toute la puissance d'or-
» ganisation de la levûre, et mettront fin, ce me semble, aux
» discussions sur sa nature. Dans une solution de sucre candi
» pur, je place, d'une part un sel d'ammoniaque, par exemple,
» du tartrate d'ammoniaque, d'autre part la matière minérale
» qui entre dans la composition de la levûre de bière, puis une
» quantité pour ainsi dire impondérable de globules de levûre
» frais. Chose remarquable, les globules semés dans ces condi-
» tions se développent, se multiplient, et le sucre fermente, tan-
» dis que la matière minérale se dissout peu à peu et que l'am-
» moniaque disparaît. En d'autres termes, l'ammoniaque se
» transforme dans la matière albuminoïde complexe, qui entre
» dans la constitution de la levûre, en même temps que les
» phosphates donnent aux globules nouveaux leurs principes
» minéraux. Quant au carbone, il est évidemment fourni par
» le sucre.

» Il ne faudrait pas croire néanmoins que la fermentation
» devienne jamais aussi active que si, au lieu d'ammoniaque
» pour aliment azoté des globules semés, on se servait d'une
» matière albuminoïde appropriée, comme celle du raisin, du
» jus de betterave, ou la partie soluble de la levûre de bière
» ordinaire. Sème-t-on dans de l'eau sucrée, mêlée d'un peu de
» ces matières albuminoïdes, des globules de levûre frais, les
» phénomènes généraux seront en tous points les mêmes que
» ceux que je viens de décrire, mais la fermentation sera très-
» sensiblement plus active. Par exemple, au lieu de se déclarer

» après 36 à 48 heures, les premières petites bulles d'acide carbo-
» nique apparaissent déjà au bout de 12 à 24 heures. En outre
» la quantité de levûre formée et déposée dans le même temps
» est bien supérieure ; mais, je le répète, tout est pareil, avec
» une énergie plus grande, et les produits fournis sont rigou-
» reusement les mêmes. »

Et plus loin, après avoir décrit toutes les particularités de l'expérience, M. Pasteur en tire cette conclusion :

« Tous ces résultats, de la plus rigoureuse exactitude, bien
» que la plupart aient été obtenus en agissant sur des poids de
» matière très-faibles, établissent la production de la levûre
» alcoolique et de la fermentation particulière qui lui corres-
» pond dans un milieu formé uniquement de sucre, d'un sel
» d'ammoniaque et d'éléments minéraux (1). »

M. Pasteur appliqua ensuite des milieux artificiels du même genre, rendus alcalins ou acides, au développement des Bactéries, des Vibrions, des Mucédinées, etc. M. Van Tieghem, s'en servit également pour étudier la fermentation ammoniacale et la fermentation gallique. Les résultats furent constamment d'accord avec ceux qu'avait offerts la fermentation alcoolique (2).

M. Pasteur supprima tour à tour chaque élément du milieu artificiel, sucre, élément azoté, matières minérales, et il n'obtint plus que des traces de matière organisée. Il observa même qu'une diminution des alcalis ralentissait la végétation, et c'est en vain qu'il chercha à remplacer les phosphates par les arséniates.

L'ammoniaque peut être remplacée par d'autres composés azotés. M. Pasteur lui a substitué, avec succès, le nitre et l'éthylamine dans la végétation des Mucédinées. M. Van Tieghem a réussi à développer la Torulacée de la fermentation

(1) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. LVIII, p. 382, 384 et 393.

(2) *Ibid.*, 3e série, t. LXIV, p. 107. — Van Tieghem *Recherches sur la fermentation de l'urée et de l'acide hippurique*, 1864 (*Annales des sciences naturelles*, 5e série, t. VIII).

ammoniacale de l'urine, avec de l'urée, de l'acide hippurique, comme éléments azotés, tandis que l'éthylurée a été inactive. Le sucre a pu être remplacé par le tannin dans les recherches de M. Van Tieghem sur la végétation du *mycelium* de certaines Mucédinées; et par la glycérine, l'acide tartrique, l'acide succinique, l'acide lactique, l'acide acétique, l'acide oxalique, dans les expériences de M. Jodin sur le développement de divers organismes.

Les transformations chimiques qui s'opèrent dans ces milieux artificiels sont entièrement semblables à celles que nous avons observées dans les milieux naturels.

Parmi ces transformations, M. Jodin a étudié principalement les phénomènes d'oxydation des composés ternaires par l'oxygène de l'air, et les phénomènes d'inversion du sucre qui accompagnent le développement des organismes; mais les résultats fort intéressants auxquels il est parvenu auraient peut-être offert des caractères plus nets et plus constants, si, au lieu de laisser croître à leur gré divers organismes dans les milieux artificiels dont il se servait, il en avait cultivé d'espèces déterminées (1).

En même temps qu'une partie des composés du milieu artificiel se transforme en certains produits extérieurs à l'organisme des êtres vivants, une autre portion s'organise et fournit leurs principes immédiats : le sucre et l'ammoniaque forment évidemment la cellulose, les matières grasses, l'albumine; les matières minérales donnent les éléments des cendres que l'on trouve par incinération dans tous ces êtres. La question de l'assimilation de l'azote de l'air par les petits organismes a été traitée par M. Jodin à l'aide de la *méthode directe*, qui l'a conduit au résultat suivant : Certaines espèces assimileraient l'azote de l'air en quantités notables; d'autres espèces qui vivent de la substance des premières convertiraient cet azote assimilé en ammoniaque (2).

(1) *Comptes rendus*, t. LIV, p. 913; t. LIII, p. 125; t. LV, p. 612; t. LVII, p. 434.

(2) M. Jodin a eu recours à la *méthode directe*, qui consiste à doser directement l'azote dans l'air à l'état gazeux. J'ai cherché à donner à cette méthode la précision qui lui manque, en évitant tout transvasement de gaz et de liquides, en opérant dans des vases fermés à la lampe, et en mesurant directement, par une différence de pres-

Conséquences générales. — Ces résultats ajoutent aux théories de M. Pasteur sur la génération et sur les fermentations des arguments d'une grande force : Les hétérogénistes, on se le rappelle, ont été forcés d'admettre que la génération spontanée ne se produit que dans des matières organiques ayant eu vie, qui ne sont pas trop altérées, et qui ont pour ainsi dire conservé un reste de force vitale. Puisque dans les milieux artificiels, les organismes se développent, à l'intensité près, comme dans les liquides naturels, cette hypothèse est donc contraire aux faits ; et voilà l'hétérogénie privée d'une de ses bases les plus essentielles.

S'il pouvait encore rester quelque incertitude sur les théories de Berzelius et de M. Liebig sur la fermentation, elle disparaîtrait radicalement en présence de ce fait : que la fermentation peut se produire dans des liqueurs où l'albumine n'existe point, où elle se forme, loin de se détruire. Le rôle qu'attribuaient ces théories aux matières organiques est donc imaginaire.

Il est intéressant de comparer le milieu artificiel dans lequel se développent les êtres inférieurs au milieu artificiel propre aux grands végétaux : les uns empruntent leur carbone, leur hydrogène, leur oxygène *aux composés ternaires*, les autres à l'*acide carbonique* et à l'*eau ;* il y a donc opposition complète. Mais d'un autre côté on voit les nitrates ou les sels ammoniacaux et les sels minéraux (phosphate de potasse principalement) concourir au développement des uns et des autres : ici analogie parfaite. En général, au point de vue de l'assimilation du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène, les êtres microscopiques paraissent se rapprocher des animaux ; au point de vue de l'assimilation de l'azote, du phosphore, etc., ils ressemblent plutôt aux végétaux.

Résultats principaux. — En résumé, le milieu artificiel propre

sions, l'azote absorbé ou exhalé par les organismes, enfin en écartant toute espèce de correction. Je n'ai point trouvé que l'azote fût absorbé par les Mucédinées, résultat conforme à celui qu'a obtenu M. Boussingault par une autre méthode. (*Comptes rendus*, 1863, t. LVII, et 1862, t. LV.)

au développement des organismes inférieurs est formé nécessairement :

1° D'un composé ternaire dont le sucre est le type ;

2° D'un composé azoté (ordinairement l'ammoniaque) ;

3° De sels minéraux phosphatés.

La présence simultanée de ces trois sortes de composés est nécessaire à la vie de ces organismes, car la suppression de l'un d'entre eux diminue singulièrement la production de la matière organisée.

Ces substances participent à la formation des petits organismes, d'une part en fournissant leurs principes immédiats, de l'autre en se transformant en d'autres produits extérieurs à ces organismes par voie de dédoublement ou d'oxydation.

Le développement des organismes dans ces milieux est incomparablement plus faible que dans les liquides naturels, sans qu'on puisse actuellement préciser les causes de cette différence.

Tel était l'état des connaissances acquises par la synthèse sur le développement des petits organismes, lorsque j'entrepris les recherches exposées dans la deuxième partie de ce mémoire, dont les premiers résultats ont été publiés en 1863 (1).

CHAPITRE III.

MÉTHODE GÉNÉRALE POUR ÉTUDIER LA CHIMIE DES VÉGÉTAUX.

Tous les problèmes que nous avons examinés successivement se résument dans ces deux questions générales :

Quels sont les éléments physiques et chimiques du milieu dans lequel vit un végétal, et quelle est l'influence de chacun d'eux sur le développement du végétal ?

Quelles sont les substances dans lesquelles se transforment successivement les éléments chimiques de ce milieu, et quelles sont les relations de ces transformations avec le végétal ?

La méthode analytique, la méthode mixte, la méthode syn-

(1) *Comptes rendus*, t. LVII, p. 228.

thétique, qu'elles s'appliquent à l'étude des grands ou des petits végétaux, ont pour objet les problèmes qui se rattachent à ces deux propositions, mais elles les résolvent avec des degrés de perfection très-divers.

A l'appui de cette assertion, citons quelques exemples. La méthode analytique, en découvrant la présence de l'azote dans tous les végétaux, en comparant la quantité d'azote des récoltes aux proportions de cet élément que le sol peut leur céder, enfin en constatant l'existence dans l'atmosphère de l'ammoniaque et de l'acide nitrique, suggéra l'idée que peut-être l'azote des plantes a ces deux composés pour origine; mais ce n'était encore qu'une idée préconçue. La méthode mixte alla plus loin : elle démontra incontestablement que l'acide nitrique ou l'ammoniaque, ajoutés aux terres arables à l'état de sels, favorisent le développement des végétaux, sans nous renseigner d'ailleurs sur le sens de ce fait remarquable. Quel est le rôle de ces composés dans la vie des plantes? S'ils fournissent aux végétaux l'azote qui entre dans leur constitution, agissent-ils directement, ou bien après avoir été transformés par les matières organiques du sol? Enfin quelle est la mesure de l'efficacité de ces composés, et par suite la mesure de l'importance de l'azote pour l'organisation de la matière? C'est la méthode synthétique qui se chargea de répondre à toutes ces questions. D'autre part on se rappelle qu'il n'est sorti de la méthode mixte aucune observation précise sur les transformations des composés carbonés et hydrogénés par les grands végétaux : au contraire, cette méthode appliquée aux petits organismes nous a fait connaître les lois fondamentales des transformations des composés ternaires en leur présence.

On peut se convaincre, par l'examen comparatif de toutes les questions précédemment exposées, que ces résultats, loin d'être isolés, comportent la généralisation la plus étendue :

En ce qui concerne les grands végétaux, la méthode analytique nous a fourni des faits épars entre lesquels elle nous a fait entrevoir à peine quelques rapports lointains. La méthode mixte nous a déjà révélé quelques relations certaines entre le développement d'un végétal et les circonstances les plus extérieures du

milieu où il vit. La méthode synthétique, saisissant dans leur ensemble les rapports du végétal et de chacun des éléments qui l'entourent, a fondé sur eux la théorie rationnelle de la chimie des végétaux supérieurs. D'autre part, la méthode mixte, appliquée à des problèmes fondamentaux de la chimie des petits organismes : à l'étude de l'intervention du germe dans la vie de ces êtres, et à celle des phénomènes chimiques corrélatifs de leur développement, s'est subitement révélée à nous comme une méthode douée d'une puissance, d'une fécondité que nous ne lui connaissions pas, tant qu'elle s'est bornée à l'étude des grands végétaux.

Généralement, comme moyen d'investigation, la méthode mixte est moins bornée que la méthode analytique, et la méthode synthétique offre seule les conditions d'une méthode de recherches vraiment complète ; chacune de ces méthodes présente incomparablement plus de ressources pour l'étude des petits organismes que pour celle des grands végétaux. Cette proposition va ressortir avec évidence de la comparaison des caractères de ces méthodes appliquées aux divers ordres d'organismes.

La méthode synthétique est supérieure à la méthode analytique par trois caractères principaux :

1° Elle nous permet, et c'est là sa propriété essentielle, de faire varier arbitrairement, une à une, les circonstances au milieu desquelles un végétal se produit ; de déterminer les variations qui en résultent pour le développement du végétal, et, par suite, de saisir directement les relations des circonstances extérieures avec le phénomène de la végétation. Au contraire, la méthode analytique ne nous indique jamais que la coexistence de certaines propriétés des plantes et de certains éléments du milieu extérieur, et cette coexistence, qui peut être purement fortuite, ne doit pas être confondue avec une relation nécessaire ; d'ailleurs les variations naturelles que cette méthode permet d'observer dans les circonstances du phénomène de la végétation sont ordinairement trop complexes, trop multiples, pour qu'on en puisse déduire quelque relation simple.

2° Aux milieux naturels, illimités et complexes, dans lesquels vivent les plantes, la méthode synthétique substitue des milieux parfaitement limités, moins complexes et par le nombre et par la nature des substances qui les composent : elle rend donc plus simple et plus exacte l'étude des phénomènes chimiques qui accompagnent le développement d'un végétal.

3° Lorsqu'on étudie la végétation dans les milieux naturels, on est astreint à rechercher par analyse tous les éléments de ces milieux; à l'aide de la méthode synthétique, on connaît exactement d'avance, sans avoir besoin de recourir à l'analyse, tous les éléments extérieurs qui peuvent concourir à la formation des plantes, et cette notion sert elle-même de guide pour la recherche des produits qui résultent de la végétation; elle en simplifie considérablement l'étude.

On voit sans peine que la méthode mixte, qui participe à la fois des propriétés des deux méthodes précédentes, constitue un progrès sur la méthode analytique, bien qu'elle soit très-inférieure encore à la méthode synthétique.

Comparons à présent l'étude des grands végétaux et celle des organismes inférieurs par la méthode synthétique :

1° La durée des expériences est pour les grands végétaux beaucoup plus considérable que pour les végétaux inférieurs : c'est là pour l'étude des premiers une difficulté et une source d'erreurs.

2° Les appareils dans lesquels se développent les organismes inférieurs sont moins compliqués, ont des dimensions moindres que les appareils nécessaires à la végétation des grandes plantes.

3° Le sable qui sert de sol pour les grands végétaux apporte toujours avec lui des impuretés; le mélange de ce sable et des sels essentiels à la végétation n'est jamais parfaitement homogène et l'analyse exacte en est très difficile. Ces causes d'erreurs acquièrent une importance réelle par suite de l'influence considérable que peuvent exercer de petites quantités de matières sur la végétation : dans l'étude des petits organismes, elles se trouvent supprimées par la substitution de l'eau au sable.

4° Le germe d'un grand végétal a généralement un poids

très-appréciable ; il introduit donc dans les essais une quantité non négligeable de matières complexes, qu'on ne peut jamais supprimer, et dont l'appréciation analytique est toujours peu exacte. Au contraire, le poids d'un germe des organismes inférieurs est tellement faible, qu'il échappe aux pesées les plus délicates.

5° Les végétaux inférieurs, réduits à de simples cellules, doivent présenter des phénomènes plus simples, plus constants, par suite plus faciles à saisir, que ceux des grands végétaux dont l'organisation est plus complexe ; en même temps l'analyse chimique devient plus facile, plus exacte pour les êtres cellulaires, de constitution à peu près homogène, que pour les grands végétaux, dont la composition est variable d'un organe à un autre.

Ces considérations paraissent conduire à plusieurs remarques générales :

Dans l'examen comparatif des travaux qui se rattachent à une question de chimie végétale, on éprouve souvent un grand embarras, pour décider de la place que chaque découverte doit occuper dans l'ordre scientifique, pour apprécier le progrès qu'elle a accompli, pour déterminer le point exact où elle s'arrête, pour juger du degré de confiance qu'elle doit inspirer. Je n'en veux pour preuve que le désaccord qui règne parmi les savants sur bien des questions de physiologie végétale, telles que celles-ci : A qui revient le mérite d'avoir démontré que l'ammoniaque peut fournir aux plantes l'azote essentiel à leur constitution? Qui a reconnu que les végétaux peuvent s'assimiler le phosphore des phosphates, etc. ? J'attribue ces incertitudes, d'une part à ce que chaque question de ce genre peut être traitée par des méthodes très-diverses, de l'autre à ce que l'on apprécie d'ordinaire la valeur intrinsèque des recherches expérimentales, sans les mettre en rapport avec les méthodes qui leur ont servi de base. Il en serait autrement si, lorsqu'on analyse un travail sur la chimie des végétaux, on se préoccupait avant tout de la méthode à laquelle il appartient, de la nature des végétaux qu'il a pour objet. De ces conditions résulterait immé-

diatement le rang que l'on doit assigner à ce travail, le genre de progrès qu'il peut réaliser, le degré d'importance qu'il comporte ; on pourrait alors étudier fructueusement les détails d'expérimentation : un tel examen conduirait en somme à une appréciation d'une sûreté incontestable.

Les principes qui m'ont guidé dans l'exposé des progrès de la *chimie appliquée aux végétaux* paraissent donc offrir une base solide aux études critiques sur les découvertes acquises à cette science ; en même temps ils vont nous indiquer la voie rationnelle à suivre pour l'enrichir de découvertes nouvelles.

Si l'on se proposait de résoudre complétement et sûrement le problème chimique du développement d'un végétal, il faudrait recourir à la *méthode synthétique*, qui atteint le plus haut degré de perfection, et l'appliquer à l'étude d'un *végétal microscopique* pour laquelle elle offre les ressources les plus étendues.

Le problème de la vie, dans ce cas particulier, ne présenterait par lui-même qu'un intérêt restreint; mais il importerait de faire de ce problème le point de départ d'un ensemble de travaux scientifiquement ordonnés, ayant pour objet la chimie générale des végétaux. Il est permis de croire en effet qu'en s'appuyant sur la connaissance exacte des phénomènes de la végétation dans le cas le plus simple, on pourrait s'élever sûrement à l'étude de cas de plus en plus complexes. Ainsi passer de la connaissance des petits végétaux à celle des végétaux supérieurs, de la méthode synthétique à la méthode mixte, et de celle-ci à la méthode analytique, telle serait la marche naturelle de la chimie rationnelle des végétaux.

Du reste, il y a longtemps que la *chimie proprement dite* s'est engagée dans cette voie : la connaissance des combinaisons artificielles fort simples de la chimie minérale a préparé la voie pour l'étude des composés plus complexes de la chimie organique, et des substances minérales ou organiques de la nature.

A cette méthode rationnelle, la science des phénomènes chimiques de la matière organisée doit toutes ses découvertes. Penserait-on pouvoir se passer d'un guide aussi sûr dans

l'étude plus complexe des phénomènes chimiques des êtres vivants ?

Ces deux sortes de phénomènes, en ce qu'ils ont d'essentiel, présentent la plus complète analogie? De part et d'autre que voyons-nous ? Des composés chimiques placés dans des circonstances convenables se transformer en d'autres composés. Le phénomène du développement d'une plante, comme le phénomène de la formation des corps inorganisés, se résume au point de vue chimique dans la connaissance exacte de l'équation qui lie les substances qui réagissent aux produits de leur transformation. Sans doute les réactions des êtres vivants sont plus compliquées, ordinairement plus lentes que les réactions de la matière inorganisée; sans doute encore la production d'un végétal exige une circonstance spéciale, la présence d'un *germe*, dont la mystérieuse influence force la matière à s'organiser. Mais au point de vue chimique, les phénomènes que nous comparons sont absolument de même ordre, et l'on doit en conclure que la méthode qui convient aux uns s'appliquerait aux autres avec un égal succès.

Cependant, dans les recherches chimiques sur la végétation, on a suivi longtemps en sens inverse la voie que je viens d'indiquer : on a étudié les phénomènes de la végétation dans les milieux naturels, bien avant que le développement des plantes dans les milieux artificiels fixât sérieusement l'attention des savants; et les phénomènes de la vie des grands végétaux avaient été l'objet de bien des travaux, lorsque les chimistes s'aperçurent enfin que les êtres inférieurs n'étaient pas indignes de leur attention. Si la véritable route scientifique a été découverte si tard, bien qu'elle fût indiquée pour ainsi dire par l'heureuse initiative de la *chimie générale*, il faut attribuer ce fait à ce que la nature nous offre partout les phénomènes les plus complexes, et nous dérobe la vue des phénomènes les plus simples : les premiers attirent donc toute notre attention, les seconds passent inaperçus.

Aussi la découverte de la *méthode rationnelle* pour l'étude de la chimie des êtres vivants comme de la matière inerte, était

subordonnée à la découverte des *lois du phénomène chimique* dans les cas les plus simples.

Le jour où Lavoisier réussit à expliquer le fait de la combustion d'un corps simple dans l'oxygène, c'est-à-dire à surprendre les lois essentielles de la combinaison dans le cas le plus simple, un esprit profond eût pu prédire que la *chimie des êtres inorganisés* était créée.

De même M. Pasteur a donné à la *chimie des êtres organisés* son véritable point d'appui lorsque, par une inspiration hardie, il devina que le nœud des questions physiologiques se trouvait dans les phénomènes de la vie considérée dans des milieux de composition simple, chez des organismes tellement simples, qu'à peine on leur concédait le droit de vivre.

Cette pensée a présidé à toutes les recherches de M. Pasteur sur le développement des petits organismes.

Moi-même, pendant deux années que j'ai passées auprès de ce maître, j'ai cherché à m'inspirer de ses vues originales sur les phénomènes de la vie, comme aussi de sa rigoureuse méthode d'expérimentation. C'est dans cet ordre d'idées que j'ai entrepris les *Recherches sur la végétation des Mucédinées*, qui font l'objet de la seconde partie de ce mémoire, et pour lesquelles M. Pasteur a bien voulu me donner ses conseils et ses encouragements. Je m'estimerais heureux si, par ce travail, j'avais réussi à apporter quelques faits à l'appui des prévisions que M. Pasteur exprimait en 1862 dans un langage empreint d'une conviction profonde, à propos de ses découvertes sur la génération des êtres inférieurs :

« Ces faits nous découvrent une méthode à l'aide de laquelle » la physiologie végétale pourra aborder sans peine les ques- » tions les plus délicates de la vie de ces petites plantes (Mucé- » dinées), de manière à préparer sûrement la voie pour l'étude » des mêmes problèmes chez les végétaux supérieurs.

» Lors même qu'on craindrait de ne pouvoir appliquer aux » grands végétaux les résultats fournis par ces organismes d'ap- » parence si infime, il n'y aurait pas moins un grand intérêt » à résoudre les difficultés que soulève l'étude de la vie des

» plantes en commençant par celles où la moindre compli-
» cation d'organisation rend les conclusions plus faciles et plus
» sûres : la plante est réduite ici en quelque sorte à l'état cellu-
» laire, et les progrès de la science montrent de plus en plus
» que l'étude des actes accomplis sous l'influence de la vie
» végétale ou animale, dans leurs manifestations les plus com-
» pliquées, se ramène en dernière analyse à la découverte des
» phénomènes propres à la cellule (1). »

DEUXIÈME PARTIE.

RECHERCHES SUR LE DÉVELOPPEMENT D'UNE MUCÉDINÉE DANS UN MILIEU ARTIFICIEL.

L'étude chimique du développement des végétaux les plus simples, dans des milieux artificiels d'une grande simplicité, doit naturellement servir de base à la chimie générale des végétaux : tel est le principe que j'ai essayé de faire ressortir dans la première partie de ce mémoire (page 187). Cette idée a été le mobile du travail que je présente ici sur la végétation d'une Mucédinée spéciale, l'*Aspergillus niger*, dans un milieu artificiel formé de composés définis.

Réaliser les conditions les plus favorables à la production de ce végétal; chercher quels sont les éléments physiques ou chimiques qui influent sur son développement; mesurer numériquement les effets de chacun d'eux; découvrir par l'analyse les transformations des substances qui prennent part à la nutrition du végétal; en un mot, déterminer complétement l'équation chimique qui résume le phénomène vital; enfin des résultats obtenus dégager les conséquences générales qu'ils comportent : tel était le problème à résoudre.

On comprendra sans peine que j'aie laissé cette tâche

(1) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. LXIV, p. 109.

inachevée : après avoir réuni les conditions les plus essentielles à la végétation de l'*Aspergillus*, j'ai cherché principalement à déterminer l'influence de chacune d'elles sur le développement de cette Mucédinée.

I

EXPOSÉ DE LA MÉTHODE SUIVIE DANS CE TRAVAIL.

Principes généraux de la méthode. — La propriété des végétaux de se développer dans des milieux artificiels, exclusivement formés de composés chimiques définis, est assurément un des côtés les plus intéressants de leur histoire. Quand on a réussi à composer un pareil milieu, propre à la nutrition d'un végétal déterminé, voici la marche à suivre pour étudier l'influence de diverses circonstances physiques ou chimiques sur le développement de ce végétal : On disposera un vase rempli d'un mélange artificiel dans les conditions les plus favorables pour la végétation ; on y sèmera des germes du végétal, qu'on laissera croître pendant le temps nécessaire : cet essai, qu'on reproduit identiquement dans chaque série d'expériences, est l'*essai type*, celui auquel on compare tous les autres. Parallèlement à ce premier essai, on en disposera un autre qui ne diffère du premier que *par la seule circonstance qu'on se propose d'étudier*. On pèsera séparément à l'état sec les deux récoltes obtenues en même temps ; *et le rapport numérique des poids de ces deux récoltes mesurera l'influence de la circonstance dont il s'agit*. L'analyse des produits de la végétation viendra au besoin compléter les résultats de la synthèse. En faisant ainsi varier un à un tous les éléments du problème, on embrassera jusque dans ses moindres détails le phénomène de la végétation.

D'ailleurs cette méthode se présente d'elle-même à l'esprit ; le problème du développement des végétaux dans un milieu artificiel une fois posé, c'est la seule méthode qu'on puisse imaginer pour le résoudre, et il n'y a à l'indiquer absolument aucun mérite.

Mais avant de pouvoir la mettre en pratique, il y a plus d'une difficulté à vaincre :

1° Le point capital est de *réaliser un milieu artificiel propre au développement du végétal* qu'on veut étudier : c'est là une découverte d'une importance, d'un mérite incontestables, à laquelle peuvent seuls conduire des travaux suivis sur la végétation, et non le hasard ; car parmi les milieux innombrables qu'on pourrait former en mélangeant de toutes les manières toutes les substances chimiques définies, il n'en est qu'un très-petit nombre qui conviennent à la nutrition d'un végétal déterminé.

2° Le végétal, pour croître vigoureusement, exige le concours d'un certain nombre d'éléments physiques et chimiques : si le milieu qui doit servir aux *essais types* dont j'ai parlé ne réunit qu'une partie de ces éléments essentiels, la végétation pourra progresser encore, mais chétive et lente. Dans ces conditions défavorables, le problème qui nous occupe ne pourra recevoir qu'une solution incomplète, puisque certains éléments importants de ce problème nous échappent. En outre, il deviendra difficile d'apprécier l'influence des circonstances qui se montreraient les plus actives dans un milieu bien choisi, car l'expérience prouve qu'elles font en général très-peu varier le poids de ces récoltes chétives obtenues dans un milieu mal approprié. Enfin, les causes d'erreur restant à peu près les mêmes, plus la récolte sera faible, toutes choses étant égales, plus l'erreur relative sera grande. Aussi une fois en possession d'un milieu artificiel propre à la végétation, nous aurons avant tout à réaliser un progrès important : *Modifier les conditions du milieu qui doit servir aux essais types, pour accroître autant que possible le poids des récoltes obtenues dans un certain temps avec un poids constant de substances nutritives.*

3° Des *essais types*, placés dans des conditions aussi identiques que possible, donnent néanmoins des récoltes de poids variables entre une limite supérieure P et une limite inférieure P′. Or le rapport $\frac{P'}{P}$, *qui fixe l'erreur relative maxima du procédé d'expérimentation*, est très-important à considérer. En effet, si un essai type donne une récolte p, et un autre essai, qui diffère du premier par la suppression d'une certaine circonstance, une

récolte x, il ne suffit pas, pour conclure que cette circonstance produit sur la végétation un effet utile, qu'on ait $\frac{x}{p} < 1$; il faut encore que $\frac{x}{p}$ soit $< \frac{P'}{P}$. Le procédé sera donc d'autant plus parfait au point de vue de l'exactitude numérique, que $\frac{P'}{P}$ sera plus voisin de l'unité, c'est-à-dire que *les essais types fourniront des récoltes plus constantes;* car plus $\frac{P'}{P}$ se rapprochera de l'unité, plus l'effet mesuré par un même nombre $\frac{x}{p}$ sera nettement appréciable.

En résumé, le degré de perfection de la méthode dont nous nous servirons dépend essentiellement de trois conditions générales :

1° Il faut avant tout découvrir un milieu artificiel propre au développement du végétal qu'on étudie.

2° Le poids des récoltes que peut fournir le milieu destiné aux essais types, dans un temps donné, avec un poids constant de substances nutritives doit être, toutes choses égales d'ailleurs, aussi grand que possible.

3° Les essais types placés dans les mêmes conditions doivent fournir des récoltes dont les rapports numériques s'écartent très-peu de l'unité : celui de ces rapports qui s'en écarte le plus fixe l'*erreur relative maxima du procédé.*

Il y a encore bien d'autres conditions à remplir; mais elles diffèrent d'une expérience à une autre, et ne doivent pas nous occuper ici.

Réalisation des principes précédents. — Ces principes ressortiront plus clairement de l'application que nous allons en faire à la végétation des Mucédinées, et en particulier de l'*Aspergillus*.

Ainsi que je l'ai établi précédemment, c'est à M. Pasteur que revient incontestablement le mérite d'avoir prouvé que les Mucé-

dinées peuvent se développer dans un milieu exclusivement formé de substances artificielles définies, et d'avoir découvert les éléments les plus essentiels à la végétation de ces plantes (voy. 1re partie, page 179). Il semait des spores de Mucédinées dans le mélange suivant :

Eau pure	1000
Sucre	20
Bitartrate d'ammoniaque	2
Cendres de levûre	0,5

Il vit ces Mucédinées (le *Penicillium* en particulier) acquérir un certain développement ; et en supprimant l'un quelconque de ces éléments, sucre, sel ammoniacal, ou matières minérales, il n'obtint plus que des traces de végétation. M. Pasteur, par cette découverte fondamentale, avait ouvert une voie nouvelle ; mais il ne pénétra guère plus avant dans ce genre d'études dont il avait saisi toute la portée.

Du reste, tout progrès important, dans la recherche des lois de ces végétations artificielles, était subordonné à un progrès dans la méthode que quelques chiffres vont mettre en relief.

Au début de mes recherches, je me rapprochai autant que possible des conditions indiquées par M. Pasteur ; j'abandonnai à l'étuve vers 20°, avec semences d'*Aspergillus*, des vases contenant le mélange suivant :

Eau	2000
Sucre	70
Nitrate d'ammoniaque	3
Acide tartrique	2
Phosphate d'ammoniaque Carbonate de potasse Carbonate de chaux Carbonate de magnésie	en petite quantité.

Après quarante-cinq jours de végétation, j'obtins, dans deux essais de ce genre, des récoltes qui pesaient à l'état sec :

L'une..... 3gr,19 | L'autre..... 1gr,77

En supprimant *tous les éléments minéraux*, j'obtins dans les mêmes conditions les poids suivants :

Premier essai.... $0^{gr},10$ | Deuxième essai..... $0^{gr},07$

Enfin des essais dans lesquels le *carbonate de potasse* seul était supprimé, donnèrent respectivement les poids :

$2^{gr},29$ | $1^{gr},11$

Ces nombres mettent en évidence l'influence des matières minérales sur le poids des récoltes ; la nécessité du sucre et d'un élément azoté se traduirait par des résultats tout aussi concluants. Mais l'utilité de la potasse ne ressort pas nettement des chiffres qui précèdent ; et pourtant je prouverai que la potasse est éminemment active sur la végétation des Mucédinées. Or, admettons que, les nombres trouvés en supprimant la potasse restant les mêmes, les récoltes avec engrais complet aient été constantes et égales à la plus forte, $3^{gr},19$, on aurait déjà pu conclure avec certitude à l'efficacité de la potasse. Admettons encore que, les récoltes des milieux sans potasse restant toujours les mêmes, les récoltes avec engrais complet aient été dix fois plus fortes :

C'est-à-dire que l'une ait pesé..... $31^{gr},9$, au lieu de..... $3^{gr},19$
— l'autre ..... $17^{gr},7$, au lieu de..... $1^{gr},77$

dès lors l'influence de la potasse était mise en pleine lumière.

Si donc, toutes choses restant égales d'ailleurs, on parvenait à rendre les récoltes des essais types plus constantes, et surtout plus fortes dans le même temps pour un même poids de sucre, on parviendrait sans doute à pénétrer plus avant dans l'analyse du phénomène de la végétation des Mucédinées : tel est le progrès que j'ai cherché à réaliser.

A priori, il n'était pas prouvé que ce progrès fût réalisable. A la vérité $3^{gr},19$ de Mucédinée (page 194) obtenus en quarante-cinq jours avec plus de 70 grammes de matières nutritives indiquaient une végétation bien languissante : l'analyse confirmait cette prévision en montrant qu'après la récolte, il restait

encore dans le liquide artificiel les sept huitièmes du poids de chacun des éléments primitifs; et des végétations parallèles dans des liquides naturels d'origine organique se montraient incomparablement plus vigoureuses et plus rapides. Mais cette lenteur du développement des Mucédinées dans les milieux artificiels n'était-elle pas inhérente à la nature même de ces milieux? Les composés artificiels de la chimie, si éloignés des produits multiples élaborés sous l'action de la vie, n'étaient-ils pas moins assimilables que les substances naturelles issues des végétaux eux-mêmes? En voyant les influences les plus fugitives impressionner les végétaux, les moindres forces altérer les composés organiques qui les constituent, ne devait-on pas croire que l'art serait impuissant à réunir ces conditions délicates, favorables à la vie, que la nature réalise à merveille?

Ces craintes étaient pourtant atténuées par le fait que les végétaux supérieurs peuvent croître assez vigoureusement dans un milieu formé d'éléments salins (page 129). D'autre part, je remarquai que le développement des Mucédinées dans un milieu artificiel était assez rapide dans les premiers jours, puis se ralentissait indéfiniment. Je pensai alors que ce milieu artificiel contenait tous les éléments nécessaires à la vie du végétal; qu'il était par lui-même assez propre à l'assimilation; mais que la végétation, en le transformant, produisait quelque substance nuisible aux progrès de la Mucédinée. Je cherchai donc à rendre la marche de la végétation plus rapide, en modifiant les proportions ou les composés des éléments chimiques qui constituaient le milieu type : tous mes efforts furent infructueux.

Je me demandai enfin si les corps simples, que je réunissais sous des formes convenables dans le milieu type dont j'ai parlé, suffisaient à la vie du végétal : la présence de quelque autre élément essentiel à la végétation parmi les impuretés des substances employées suffisait dès lors à expliquer, et le développement incomplet du végétal dans un tel milieu, et le ralentissement observé après quelques jours. Cette hypothèse, je l'avoue, était assez invraisemblable, puisque j'avais réuni, pour composer le milieu type, précisément les substances regardées jusqu'ici

comme suffisant à la vie des végétaux supérieurs (page 136), et que la matière même de ces derniers fournit aux Mucédinées un excellent terrain : cependant cette hypothèse même a été justifiée par l'expérience.

C'est principalement en ajoutant aux éléments du milieu type indiqué à la page 195, du soufre, du zinc, du fer, du silicium, à l'état de sels; en modifiant les proportions des éléments essentiels; en portant à 35 degrés la température du milieu; en faisant développer les Mucédinées dans des vases peu profonds, dans des conditions convenables d'aération et d'humidité, que je suis parvenu aux résultats suivants :

Je puis obtenir en six jours, avec 80 grammes de matières nutritives, 25 grammes de récolte; ce poids constitue, dans le même temps et pour la même quantité d'aliments, un rendement 50 fois plus fort que le rendement des premières expériences.

Tandis que le poids des récoltes produites dans des essais types aussi identiques que possible variait, au commencement de mes recherches, dans le rapport de 1 à 1,8, je suis parvenu à rendre ce poids constant à 1/20e près de sa valeur.

Je dois également faire remarquer qu'il m'est arrivé plus d'une fois, dans le cours de mes recherches, de voir les milieux ensemencés avec des spores d'*Aspergillus* envahis par des végétations étrangères, principalement par le *Penicillium* : les résultats d'expériences qui se rapportaient à des végétaux d'espèces différentes n'étaient donc plus comparables. J'ai réussi enfin à me rendre complétement maître de cette difficulté.

En résumé, la méthode d'expérimentation fondée sur la végétation des Mucédinées, dans les milieux artificiels formés de composés définis, était connue depuis les travaux de M. Pasteur; je l'ai appropriée à des recherches précises :

1° En augmentant considérablement le poids des récoltes fournies dans un certain temps par un certain poids de substances nutritives.

2° En rendant plus constant le poids des récoltes obtenues dans des essais semblables.

3° En forçant l'*Aspergillus niger* à se développer seul, sans mélange d'espèces étrangères.

Dans ce genre de recherches, bien des précautions sont nécessaires pour assurer aux résultats des expériences toute la précision qu'ils comportent; aussi je vais décrire dans tous ses détails le procédé d'expérimentation auquel je me suis définitivement arrêté, et auquel sont dus les progrès que je viens de signaler.

Description des appareils. — Le *local* réservé pour ces recherches était parfaitement aéré; la pureté de l'air n'y était troublée ni par les gaz des laboratoires, ni par d'autres émanations, condition indispensable pour la régularité des résultats, car les Mucédinées sont extrêmement sensibles à certaines influences délétères.

L'*étuve* (fig. 1, pl. 7) destinée à maintenir les végétations dans des conditions convenables de température, d'aération et d'humidité, se composait de trois parties : la caisse, contenant les vases en expérience; l'appareil à chauffage; un appareil destiné à répandre de l'humidité dans l'atmosphère.

1° La première partie consiste en une sorte d'armoire F, s'ouvrant antérieurement par une porte, et ayant 1 mètre de hauteur sur 70 centimètres de largeur et 40 centimètres de profondeur; des tablettes distantes de 20 centimètres sont disposées pour recevoir les vases *m*, *m*, des expériences; un courant d'air ascendant s'établit naturellement à l'aide d'ouvertures pratiquées dans le bas et dans le haut de l'étuve. Ce courant d'air ne doit être ni trop fort ni trop faible : on le règle en fermant plus ou moins les ouvertures supérieures.

2° L'appareil à chauffage BKGF est un système à circulation d'eau chaude : une chaudière de cuivre B, placée dans une salle voisine de celle où est l'étuve, communique avec des tuyaux de plomb K, G, F, convenablement distribués dans l'étuve. Cet appareil est complétement rempli d'eau que la chaleur du foyer met en circulation. Ce foyer *b* consiste en un bec à gaz de Bunsen, constamment allumé, et placé sous la chaudière; les

produits de la combustion, après avoir circulé dans un serpentin E intérieur à la chaudière, s'échappent au dehors. Ce genre de chauffage m'a paru très-préférable au chauffage direct, parce qu'il ne peut pas introduire dans l'étuve des substances volatiles capables de modifier la végétation.

Cependant il importait encore, comme on le verra plus loin, que la température de l'étuve demeurât à peu près constante à 35 degrés. Aussi ai-je adapté à l'appareil de chauffage un instrument que je désigne sous le nom de *thermo-régulateur*, et qui maintient la température d'une étuve invariable à un degré près. Il consiste essentiellement en un gros thermomètre à alcool dont le réservoir R est dans l'étuve, et dont la tige *i*, sortant de l'étuve, communique avec la branche inférieure d'un tube *lchh* en Y; les deux branches latérales de ce tube sont soudées avec le tuyau *aa* d'arrivée du gaz à chauffage, qui est forcé de traverser ces deux branches avant de se rendre au bec de Bunsen; du mercure, faisant suite à l'alcool du thermomètre, remplit la tige *ilchh*, jusqu'au point de croisement *c* des trois branches du tube en Y. Pour peu que la température de l'étuve s'élève, le liquide du thermomètre se dilate; le passage du gaz d'une branche à l'autre du tube en Y diminue, et la flamme du gaz à chauffage diminue également. Un abaissement de température de l'étuve produit un effet inverse. Cette température ne peut donc varier qu'entre des limites très-resserrées (1).

(1) *Note sur les régulateurs pour le chauffage par le gaz.* — La température d'un milieu (étuve, bain, etc.) chauffé par le gaz peut varier, soit lorsque la pression du gaz se modifie, soit lorsque la température extérieure vient à changer. Pour maintenir ce milieu à une température constante, on adapte à l'appareil à chauffage des *régulateurs automatiques*. Il existe des instruments de ce genre qui rendent la pression et, par suite, la flamme du gaz constante. Ils ne remédient donc qu'à l'une des deux causes de variation de température que j'ai signalées. Aussi a-t-on imaginé des régulateurs qui consistent en un thermomètre dont le réservoir plonge dans le bain, et dont le corps dilatable par les moindres changements de son volume fait varier l'arrivée du gaz à chauffage au brûleur. M. Bunsen, l'un des premiers, paraît avoir eu l'idée de cette application du thermomètre. L'air, à cause de la grandeur de son coefficient de dilatation, a été choisi d'abord pour ces appareils, comme *substance thermométrique*. Mais il présente une cause d'erreur notable qui tient à ce que son volume varie non-seulement avec la température, mais avec la pression qu'il supporte. Les liquides sont

3° L'air ambiant, surchauffé dans l'étuve à 35 degrés, devient nécessairement très-sec. Or nous constaterons plus loin qu'il est essentiel que cet air ait un état hygrométrique élevé. Pour atteindre ce but, on a disposé à côté de l'étuve un vase de Mariotte A qui contient de l'eau ordinaire. Cette eau passe à l'aide d'un tube *bb* dans un petit cristallisoir *s*, où elle se maintient à un niveau constant. Des mèches de coton *k* aspirent cette eau par capillarité, et la distribuent sur du coton qui recouvre une partie K des tuyaux de plomb de l'étuve. Le courant d'air qui effleure continuellement ce coton humide et chaud se charge de vapeur d'eau en quantité suffisante pour amener l'hygromètre de Saussure vers 70 degrés.

Les *vases* dans lesquels les végétations se développent doivent être peu profonds; en outre, ils doivent être inaltérables par les liquides qu'ils contiennent, comme je l'établirai plus loin. J'ai choisi définitivement des cuvettes de *porcelaine* rectangulaires, pouvant contenir 1500 centimètres cubes de liquide, ayant en profondeur 4 centimètres, en largeur 16 centimètres, en longueur 28 centimètres. Ces vases se placent sur les tablettes de l'étuve sans être couverts.

Description des expériences. — Après avoir décrit les appareils spéciaux qui ont servi aux recherches consignées dans ce

à l'abri de cet inconvénient, et le mercure, par ses propriétés générales, est celui qui convient au plus grand nombre de cas; mais il est peu dilatable, et les régulateurs fondés sur l'emploi de ce liquide sont peu sensibles. Pour remédier à cette imperfection, et pour rendre les appareils de ce genre commodes et exacts en même temps, j'ai adopté la disposition suivante (fig. 2, pl. 7) : R est un gros thermomètre de verre rempli de mercure jusqu'en *c*; le gaz à chauffage entre dans cet appareil par le tube S, pénètre dans la chambre extérieure *r*, passe de là dans la chambre intérieure *r'* par l'intervalle qui existe entre le tube *m* et le niveau du mercure; enfin il sort en S' pour se rendre au brûleur. Le robinet *e* sert à fournir directement au bec à gaz la quantité de gaz minima dont on a besoin. La pièce supérieure de l'appareil est de fonte, disposée de manière à refroidir par le gaz lui-même la partie supérieure du mercure, à l'empêcher de s'évaporer, et en même temps à donner à l'appareil une grande sensibilité. Enfin une tige mobile *tt* d'acier est graduée en degrés centigrades; il suffit de la faire affleurer en *i* jusqu'à un certain point, pour qu'un bain chauffé au gaz et mis convenablement en relation avec le régulateur atteigne la température marquée en ce point et s'y maintienne.

mémoire, je vais indiquer en détail la suite des opérations à exécuter sur la végétation d'un *essai type*. Ces opérations sont au nombre de quatre : préparer le liquide artificiel ; l'ensemencer de spores d'*Aspergillus ;* faire végéter la Mucédinée ; récolter.

1° On réunit dans le vase destiné à l'*essai type* les substances chimiques suivantes :

Eau	1500
Sucre candi	70
Acide tartrique	4
Nitrate d'ammoniaque	4
Phosphate d'ammoniaque	0,60
Carbonate de potasse	0,60
Carbonate de magnésie	0,40
Sulfate d'ammoniaque	0,25
Sulfate de zinc	0,07
Sulfate de fer	0,07
Silicate de potasse	0,07

Ces substances doivent être pesées avec soin, et aussi pures que possible. Le mélange est abandonné à lui-même pendant quelques heures, pour que les matières solides aient le temps de se dissoudre ; enfin, pour le rendre homogène, on remue le liquide avec une spatule de porcelaine.

2° Pour ensemencer ce liquide, il suffit de promener sur toute son étendue l'extrémité d'un pinceau avec lequel on a recueilli des spores sur une végétation d'*Aspergillus* bien pure, qui ne soit pas trop desséchée ; ces spores se disséminent et restent flottantes à la surface du liquide.

Lorsqu'on ne possède point encore d'*Aspergillus*, il suffit, pour se procurer ce végétal à l'état pur, d'abandonner à l'étuve certaines substances naturelles, telles que de l'eau de levûre acidulée, du pain humide, des tranches de citron, une dissolution de tannin, ou encore la dissolution artificielle indiquée précédemment. Les spores d'*Aspergillus* qui se trouvent au nombre des germes de l'atmosphère peuvent tomber sur ces matières et s'y développer pêle-mêle avec d'autres organismes. Lorsqu'on voit apparaître l'*Aspergillus*, qui se distingue tout d'abord par

ses fructifications noires, on le sème à nouveau sur un liquide artificiel, et l'on finit par l'obtenir exempt de mélange.

3° L'*essai type* étant ainsi préparé, on le met à l'étuve, dont la température est réglée à 35 degrés, et l'air humide constamment renouvelé.

Les spores ne tardent pas à se développer, et au bout de 24 heures, ou même de 18 heures si elles n'ont pas été soumises à une trop forte dessiccation, les filaments du mycélium forment à la surface du liquide, par leur enchevêtrement, une membrane continue, d'aspect blanchâtre. Lorsque l'atmosphère de l'étuve est assez humide, le courant d'air très-modéré ; lorsque les spores sont semées uniformément sur toute l'étendue du liquide, et qu'elles ne sont pas trop sèches ; lorsqu'enfin les vases qui les contiennent ont la forme rectangulaire, cette membrane couvre toute la surface du liquide. Mais, dans d'autres circonstances, j'ai souvent vu les spores se rassembler en certains points, et la membrane ne couvrir qu'une partie plus ou moins restreinte de la surface du liquide : cet accident est à éviter, car si la surface des végétations varie d'un essai à un autre, les résultats ne seront plus comparables. La cause de ce rassemblement des spores se trouve évidemment dans les mouvements que leur impriment les courants d'air, et dans le phénomène de l'attraction capillaire de petites sphères qui flottent à la surface d'un liquide. Il est encore à remarquer que jamais la végétation n'est partielle sur un liquide qu'on ensemence pour la seconde fois après avoir enlevé une première végétation.

Au bout de 48 heures, la membrane dont j'ai parlé est déjà très-épaisse; elle devient légèrement jaunâtre, puis elle passe au brun foncé. Enfin, après trois jours de végétation, elle est devenue tout à fait noire à sa surface supérieure. Ce changement de teinte est dû à l'apparition des spores, qui passent successivement du jaune au brun et au noir. C'est après trois jours complets de végétation qu'on récolte la moisissure.

Celle-ci enlevée, on sème de nouveau des spores sur le liquide, on remet le vase à l'étuve, et trois jours après on obtient une nouvelle récolte plus faible que la première. Le liquide restant,

dans les conditions où nous nous sommes placés, est alors à peu près épuisé et incapable de donner une troisième récolte appréciable.

4° Pour récolter l'*Aspergillus*, on enlève avec les doigts la membrane très-consistante qui s'est formée le troisième jour; on la presse fortement dans la main pour exprimer la majeure partie du liquide qui l'imprègne; on l'étend sur une soucoupe, et on la fait sécher, d'abord vers 50° avec la chaleur perdue du foyer de l'étuve, puis à 100°, à l'étuve de Gay-Lussac. Il ne reste plus qu'à la peser.

Il est maintenant facile de comprendre comment on fera une expérience complète destinée à faire ressortir l'influence d'un élément déterminé sur la végétation. On préparera l'*essai type* comme je l'ai dit; on disposera un *second essai* qui ne diffère du premier que par le seul élément dont on veut apprécier l'influence; on placera ces deux essais à l'étuve l'un à côté de l'autre; on fera deux récoltes successives dans chaque vase, comme je l'ai expliqué; on les pèsera à l'état sec. L'influence de l'élément en question sera mesurée par le rapport des poids des récoltes obtenues après les trois premiers jours de végétation dans le *second essai* et dans l'*essai type*. En prenant le rapport des poids des récoltes *totales* fournies en six jours par les deux essais, on aura un second nombre qui mesurera encore l'influence du même élément, mais avec plus d'exactitude.

Ce procédé offre donc l'avantage de représenter chaque résultat par deux nombres qui se complètent et se vérifient réciproquement.

Quand on tient à obtenir des nombres très-exacts, il importe de ne comparer que des essais placés *simultanément* à l'étuve : les circonstances extérieures, température, humidité, durée de végétation, etc., sont alors plus égales de part et d'autre, et les résultats sont plus constants que si les deux végétations s'étaient développées à des époques différentes.

Un simple exemple fera comprendre immédiatement comment on applique ce procédé :

On a mis à l'étuve les essais suivants dans le but d'étudier l'effet de la *potasse* sur le développement de l'*Aspergillus* :

N° 1. Milieu type de la page 201 : eau, 1500 ; sucre, 70, etc. (spores d'*Aspergillus*).

N° 2. Comme le n° 1, moins la potasse.

	N° 1.	N° 2.
	gr	gr
Première récolte (après trois jours).....	14,4	0,80
Deuxième récolte (après trois autres jours)....	10,0	0,12
Récoltes totales.....	24,4	0,92
Rapport des poids des deux premières récoltes....	$\frac{0,8}{14,4} = \frac{1}{18}$	
Rapport des poids des récoltes totales.....	$\frac{0,92}{24,4} = \frac{1}{26}$	

Ces deux rapports, et surtout le second, mettent bien en évidence l'efficacité de la potasse dans la végétation; et cet exemple indique suffisamment la marche à suivre dans les études de ce genre. Il confirme d'ailleurs ce que j'ai avancé à la page 198, que j'ai réussi à accroître considérablement le poids des récoltes des essais types; il met en relief les avantages de ce perfectionnement, puisque l'utilité de la potasse, qui ne ressortait pas de l'expérience de la page 195, devient ici incontestable.

Deux autres essais types, mis à l'étuve en même temps que le n° 1, ont produit en six jours, par deux récoltes, chacun 24 grammes. Le n° 1 avait donné 24^{gr},4. Le rapport de ces deux nombres est $\frac{24,4}{24} = 1,02$, résultat conforme à ce que j'ai dit à la page 198, sur l'invariabilité de poids des récoltes obtenues dans les essais types.

D'autre part, deux essais types, placés à l'étuve dans des conditions aussi identiques que possible à celles du n° 1, *mais à une autre époque*, ont donné en six jours des récoltes égales à 26^{gr},5 et 26^{gr},3. Ces deux nombres diffèrent des deux précédents de 1/10^{e} de leur valeur environ, et prouvent, comme je l'ai dit page 203, que les essais mis à l'étuve à des époques différentes

donnent des résultats moins comparables que ceux qui y ont été placés en même temps.

Telle est la forme la plus exacte et la plus parfaite que j'aie réussi à donner à la méthode dont je me suis servi ; mais on remarquera dans l'exposé de ces recherches que, plus d'une fois, lorsque je n'avais pas besoin d'une grande précision numérique, je ne me suis pas astreint à toutes les précautions que j'ai indiquées.

Avant d'exposer les résultats auxquels cette méthode m'a conduit, il me reste à décrire les caractères précis auxquels on reconnaît l'*Aspergillus niger*.

L'aspect qu'offre ce végétal dans son développement (voy. page 207) suffit dans bien des cas pour le distinguer des autres Mucédinées. Lorsqu'on veut le reconnaître sûrement, il faut recourir aux caractères micrographiques suivants que M. Van Tieghem a déterminés dans ses recherches sur la fermentation gallique :

« Stipites erecti, simplices, continui, ad basim geniculati; » capituli basidiis elongatis, radiatis, confertis, omnino tecti. » Catenæ sporarum fasciculatim junctæ, subæquales. Sporæ » sphæricæ, verrucosæ, nigrescentes, $0^{mm},004$ ad $0^{mm},005$ dia- » metro æquantes. » (Voy. fig. 3, pl. 7.)

C'est aussi M. Van Tieghem qui a le premier classé scientifiquement cette Mucédinée, et l'a nommée *Aspergillus niger* (1).

II

DE L'INFLUENCE QUE DIVERS ÉLÉMENTS PHYSIQUES OU CHIMIQUES EXERCENT SUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'*Aspergillus niger*.

En faisant varier une à une les diverses circonstances qui peuvent influer sur la végétation de l'*Aspergillus*, j'appliquerai la méthode précédemment exposée à la recherche des effets de chacune d'elles.

(1) *Annales des sciences naturelles*, 5e série, vol. VIII, p. 240.

*Influence de la durée de la végétation sur le développement de l'*Aspergillus. — Il m'a paru utile de suivre le développement progressif de l'*Aspergillus* aux diverses époques de la végétation ; dans ce but, j'ai mis en même temps à l'étuve quatre vases contenant chacun des semences d'*Aspergillus* avec une dissolution composée de :

Eau	500
Sucre	13,30
Acide tartrique	1,50
Nitrate d'ammoniaque	0,58
Phosphate d'ammoniaque	0,10
Carbonate de potasse	0,10
Carbonate de magnésie	0,08
Sulfate d'ammoniaque	0,05
Sulfate de fer	0,02
Sulfate de zinc	0,02
Silicate de potasse	0,02

En recueillant les moisissures formées, après des intervalles de temps inégaux, j'ai obtenu les résultats suivants, que j'ai du reste vérifiés en répétant l'expérience :

	POIDS DES RÉCOLTES.		RAPPORT des poids des récoltes au nombre de jours.		ACCROISSEMENT du poids des récoltes.	
1er essai.	Après 1 j. de végétation.	gr 0,25	$\frac{0,25}{1}$	gr = 0,25	Pendant le 1er jour.	gr 0,25
2e essai.	— 2 jours.....	2,00	$\frac{2}{2}$	= 1,00	Pendant le 2e jour.	1,75
3e essai.	— 3 jours.....	2,90	$\frac{2,9}{3}$	= 0,97	Pendant le 3e jour.	0,90
4e essai.	— 4 jours.....	3,30	$\frac{3,3}{4}$	= 0,82	Pendant le 4e jour.	0,40

On voit, par la seconde colonne de ce tableau, que la végétation fait des progrès continuels pendant quatre jours au moins.

Les nombres de la quatrième colonne représentent les poids de

Mucédinée qui doivent se former successivement pendant l'unité de temps dans un même essai : ces poids croissent d'abord jusqu'à un maximum, qu'ils atteignent vers le second jour pour diminuer ensuite. Ce résultat s'explique facilement : les organes en voie de formation naissent des organes déjà formés ; voilà pourquoi tout d'abord les parties de l'*Aspergillus* qui se développent dans un temps donné sont d'autant plus nombreuses que les parties déjà développées sont plus considérables. A mesure que la membrane qui résulte de l'enchevêtrement du mycélium s'épaissit, elle s'oppose de plus en plus au contact de l'oxygène de l'air et des éléments du liquide sous-jacent, condition indispensable à la formation de nouveaux organes ; en même temps le liquide en contact immédiat avec cette membrane s'appauvrit en éléments nutritifs. Par ces deux causes, l'accroissement du végétal ne devra donc pas tarder à se ralentir : c'est en effet ce qu'on observe dès le troisième jour.

La troisième colonne du tableau conduit à une conséquence qu'il est utile de connaître. Dans les essais sur la végétation, on doit viser à obtenir, toutes choses égales d'ailleurs, le poids de récolte le plus considérable dans le même temps. Or, les poids moyens de Mucédinée formés en vingt-quatre heures sont à peu près égaux dans le deuxième et dans le troisième essai, et plus forts que dans le premier et dans le quatrième. On devra donc, dans la pratique, faire les récoltes après deux ou trois jours de végétation ; mais comme, d'autre part, il faut restreindre le nombre des opérations autant que possible, le mieux sera de fixer à trois jours l'intervalle des récoltes successives de chaque essai : telle est la règle qui a été adoptée page 203.

La formation des fructifications suit une marche analogue ; seulement, ces organes ne commencent à paraître que vers le second jour ; ils passent du jaune au brun et au noir, et à la fin du troisième jour, quand toutes les circonstances favorables sont réunies, ils sont parvenus à maturité : la limite de leur accroissement est à peu près atteinte.

*Influence de la température sur la végétation de l'*Aspergillus. — Parmi les circonstances physiques qui influent sur la végétation de l'*Aspergillus*, la température doit spécialement fixer notre attention.

Pour en mesurer les effets, j'ai mis à l'étuve, à des *températures différentes*, des vases de porcelaine contenant chacun 700 centimètres cubes d'eau, 19 grammes de sucre, et les autres substances nécessaires en proportions convenables. Les moisissures recueillies et pesées après trois jours de végétation ont donné les résultats suivants :

Températures.	Poids des récoltes.
	gr
19° (centigrades)	0,3
22	0,6
27	1,2
29	2,5
32	3,5
34	4,2
37	3,8
39	3,0
42 à 43	traces

C'est vers 35° que la récolte paraît atteindre, toutes circonstances étant égales d'ailleurs, son poids maximum ; ce poids diminue lentement d'abord, plus rapidement ensuite, de part et d'autre de 35°, jusqu'à 19° d'une part et 42° de l'autre, qui sont à peu près les limites extrêmes de la végétation de l'*Aspergillus*.

Pour déterminer plus exactement la température du maximum des récoltes, j'ai répété l'expérience qui précède en faisant varier la température vers 35°, et en opérant successivement dans l'air sec et dans l'air humide. Voici les résultats qui fixent ce maximum à 34 degrés centigrades :

Expérience dans l'air sec (hygromètre de Saussure, 10 degrés).

Températures.	Poids des récoltes.
°	gr
29,0	2,7
33,0	4,0
38,5	3,0
39,5	2,7

Poids maximum vers 34 degrés.

Expérience dans l'air humide (hygromètre de Saussure, 70 degrés).

Température.	Poids des récoltes.
o	gr.
32,0	4,16
34,0	4,60
36,0	4,10

Maximum vers 34 degrés.

Si au-dessous de 19° l'*Aspergillus* ne se développe plus sensiblement, cela tient à ce que la végétation de cette Mucédinée est paralysée par des Mycodermes et des Infusoires qui envahissent le liquide ; mais si l'on éloigne ces productions étrangères, l'*Aspergillus* se développe encore. En voici la preuve. Si l'on fait séjourner à l'étuve, à 35°, pendant vingt-quatre heures, un essai avec liquide artificiel et semences d'*Aspergillus*, il se forme une membrane de mycélium ; si on l'abandonne alors pendant plusieurs jours vers 15° ou 16°, les organismes étrangers ne se forment plus, et le poids de la membrane s'accroît sensiblement.

J'ai suivi également le développement des fructifications à diverses températures, en opérant dans un air humide, qui est plus favorable à la formation des spores qu'un air sec :

Un essai maintenu à une température inférieure à 20° pendant plus de quinze jours n'a pas produit de fructifications ; la surface supérieure de la moisissure est restée blanche.

Une autre moisissure à 24° est devenue légèrement brune après douze jours de végétation ; après quinze jours, elle a commencé à noircir.

A 31°, j'ai vu la teinte blanche du mycélium de l'*Aspergillus* passer au jaune brun le troisième jour ; après quatre jours, elle est devenue noire.

A 34°, la teinte jaune apparut après trente-six heures ; le troisième jour, toute la surface de la moisissure était noire.

A 38°, une moisissure ne brunit qu'après trois jours ; le quatrième, elle devint noire.

A 41°, la teinte blanche se modifia encore, mais avec beaucoup de lenteur.

C'est donc également vers 34° que les fructifications se forment le plus rapidement ; à mesure qu'on s'éloigne de cette température, leur apparition devient de plus en plus lente, et les limites extrêmes de leur développement sont un peu plus resserrées que celles du développement du mycélium.

La température dont je viens de parler a besoin d'être définie exactement : *c'est la température même du liquide sur lequel végète la Mucédinée.* Elle ne doit pas être confondue avec *la température de l'atmosphère de l'étuve, qui est sensiblement plus élevée*, comme l'indiquent les nombres suivants :

Circonstances essentielles de la végétation.	Température du liquide.	Température de l'air de l'étuve.
La végétation s'opère dans une capsule découverte de 700cc,0 ; un hygromètre à cheveu placé dans l'étuve marque 10 degrés.	33°,0	38°,0
	36°,0	42°,0
Capsule fermée par une lame de verre (hygromètre, 10 degrés)	35°,0	36°,0
Capsule ouverte ; hygromètre, 60 degrés	34°,0	36°,5
	38°,5	41°,5
Capsule ouverte ; hygromètre, 70 degrés	34°,0	35°,0

Cette différence entre les températures correspondantes de l'air et du liquide est due évidemment au refroidissement du liquide par évaporation : car elle est plus grande dans un vase découvert que dans un vase couvert, plus grande à 40° qu'à 36°, plus grande dans l'air sec que dans l'air humide ; en un mot, elle augmente avec les circonstances qui activent l'évaporation.

Dans la pratique, il convient, pour favoriser autant que possible le développement de l'*Aspergillus*, de maintenir à 34° la température des dissolutions artificielles sur lesquelles il végète, ou encore de porter à 35° la température de l'air de l'étuve, pourvu que l'hygromètre de Saussure y marque 70° : ce sont ces conditions que j'ai indiquées dans l'exposé de la méthode (page 199).

*Influence de l'état hygrométrique de l'air sur la végétation de l'*Aspergillus. — L'état hygrométrique de l'air en contact avec les essais exerce sur eux une influence complexe :

1° La membrane organisée qui sépare le liquide nutritif de

l'air ambiant ne protége pas ce liquide contre l'évaporation ; et celle-ci est d'autant plus forte que l'état hygrométrique de l'air est plus faible : j'ai vu souvent le volume du liquide de mes essais se réduire à la moitié ou au tiers du volume primitif pendant la durée de la végétation, lorsque les vases étaient découverts et le liquide à la température de 34°, l'hygromètre de Saussure marquant 10° dans l'air de l'étuve.

2° La sécheresse de l'air, en général, met obstacle à la formation des fructifications. Par exemple, la température du liquide étant à 34°, si l'hygromètre à cheveu marque 60°, les fructifications apparaissent à la fin du second jour et atteignent leur complet développement à la fin du troisième. Mais si l'hygromètre ne marque que 10°, la membrane de la Mucédinée présente à la fin du second jour une surface lisse et non veloutée comme dans le premier cas; elle ne commence guère à brunir que le troisième jour, et de place en place ; même à la fin du sixième jour, les fructifications ne couvrent pas encore toute la surface.

3° L'état hygrométrique exerce une influence spéciale sur le poids des récoltes ; en voici un exemple :

Deux séries de végétations parallèles, dans l'air sec et dans l'air humide.	Première série. Hygromètre, 10°,0.	Deuxième série. Hygromètre, 60°,0.
Température, 34°,0. Aspect après 12 heures :	Pas le moindre développement.	Les spores commencent visiblement à germer.
— 34°,0 — 24 — :	Commencement de germination.	Pellicule couvrant déjà toute la surface.
	gr.	gr.
— 34°,0. Récoltes après 2 jours.....	1,7	2,5
— 29° — 3 —	2,8	2,9
— 33° — 3 —	4	4,2
— 38° — 3 —	2,5	3,2

On voit par ce tableau que la végétation dans l'air sec est d'abord en retard sur la végétation dans l'air humide ; puis cette différence s'efface, et après trois ou quatre jours les récoltes tendent à devenir à peu près égales.

En second lieu, les récoltes obtenues dans des circonstances déterminées sont moins constantes dans l'air sec que dans l'air humide :

Des vases contenant 700 centimètres cubes d'eau, 19 grammes

de sucre et le reste à proportion, ont donné dans l'air humide les récoltes suivantes :

	gr.
N^{os} 1	4,3
2	4,3
3	4,7

Rapport de la plus forte à la plus faible récolte : 1,1.

Des vases semblables aux premiers, mais placés dans l'air sec, ont donné les résultats :

	gr.
N^{os} 1	3,2
2	3,8
3	4
4	4,2

Rapport des deux récoltes extrêmes : 1,3.

L'effet de l'état hygrométrique de l'air sur l'évaporation du liquide explique les effets observés sur la végétation : par suite de cette évaporation, la dissolution en contact avec le végétal se concentrera plus ou moins, circonstance qui influe généralement, comme on le verra plus loin, sur le poids des récoltes. Mais cette concentration sera surtout très-forte dans les cellules superficielles de la membrane du mycélium : or, la concentration des liquides, poussée à l'excès, nuit au point d'arrêter tout progrès de la végétation ; il n'est donc pas étonnant que les fructifications qui naissent sur les cellules superficielles soient, par cette circonstance, entravées dans leur développement.

Il résulte de ce qui précède que la vapeur d'eau qui est contenue naturellement dans l'air de l'étuve chauffé à 35°, et qui correspond à 10° de l'hygromètre de Saussure, ne suffit pas pour assurer la marche régulière de la végétation ; si l'on veut obtenir des résultats très-exacts, il faut ajouter de la vapeur d'eau à l'atmosphère, de manière à amener l'hygromètre de Saussure vers 60° ou 70°. On a fait précédemment (page 200) l'application de ce principe.

Influences diverses. — C'est principalement par son oxygène que l'air intervient dans la végétation de l'*Aspergillus*, car cette

Mucédinée respire en transformant, à l'aide de l'oxygène atmosphérique, le carbone du sucre en acide carbonique. Cet élément est donc indispensable au développement de cette plante. La nécessité du renouvellement de l'air est une conséquence de ce principe : aussi, dans un vase clos, les progrès de la végétation ne tardent pas à s'arrêter lorsque l'oxygène libre est épuisé.

Cependant l'air ne doit pas être renouvelé avec une vitesse supérieure à celle qui suffit à fournir amplement au végétal l'oxygène dont il a besoin : car, outre qu'une vitesse exagérée nécessite une plus grande dépense de calorique, elle imprime aux spores récemment semées des mouvements qui retardent la germination, et les empêchent de se développer uniformément sur toute la surface du liquide. En résumé, le renouvellement de l'air, pour être efficace, doit être continu et modéré, comme nous l'avons indiqué page 198.

La nature des vases dans lesquels s'accomplit la végétation n'est pas sans influence. Si la substance d'un vase est attaquable par le liquide artificiel qu'il renferme, l'action favorable ou nuisible qu'il peut exercer sur le végétal est déterminée par la nature des éléments qu'il cède au liquide. Or, on verra plus loin (page 218 et suivantes) comment un grand nombre d'éléments chimiques agissent sur la végétation. Le choix que nous avons fait (page 200) de vases de *porcelaine* a été déterminé par cette considération que la porcelaine est à peu près insoluble dans les dissolutions artificielles dont nous devions nous servir.

Influence de la forme des vases. — La forme même de ces vases et le développement de l'*Aspergillus* ont entre eux des relations simples dont je vais préciser le sens :

1° Toutes choses égales d'ailleurs, le développement de la Mucédinée est plus rapide dans un vase découvert que dans un vase couvert. Voici une expérience à l'appui de cette proposition ;

Le 3 octobre 1868, on a mis à l'étuve les deux essais suivants :

N° 1. Vase de porcelaine *découvert* contenant :

Eau.....	1500
Acide tartrique.....	4
Sucre.....	70

Matière azotée et matières minérales en proportions convenables. Spores d'*Aspergillus*.

N° 2. Vase *recouvert* d'une lame de verre, semblable d'ailleurs au n° 1.

	N° 1.	N° 2.	Rapports des récoltes correspondantes.
	gr.	gr.	
6 octobre, 1re récolte.....	18,5	15,5	1,2
9 octobre, 2e récolte.....	7,8	7,5	1,04

Dans le vase découvert, l'évaporation est plus active que dans le vase couvert : on peut donc croire que l'excédant de poids du n° 1 est dû aux substances du milieu artificiel, qui imprègnent la récolte en quantité d'autant plus grande que le liquide est plus concentré par l'évaporation. Pour lever cette incertitude, j'ai répété l'expérience précédente; seulement j'ai débarrassé les récoltes de leurs matières solubles en les triturant dans l'eau froide :

N° 1. Vase *découvert* avec mélange artificiel et spores.

N° 2. Vase *couvert* avec mélange artificiel et spores.

On a mis ces vases à l'étuve le 15 novembre 1868.

	N° 1.	N° 2.	Rapport des récoltes correspondantes.
	gr.	gr.	
18 novembre, 1re récolte.....	16,8	14,8	1,14
21 novembre, 2e récolte.....	6,5	6,2	1,05

Nous retrouvons ici, *dans le vase découvert*, des excédants de poids comparables à ceux de la première expérience, qui ne peuvent cette fois être attribués qu'à un excédant réel de récolte.

2° Toutes choses égales d'ailleurs, le développement de la Mucédinée est d'autant plus rapide, que le liquide nutritif est moins profond :

Expérience du 21 *mars* 1868.

		Épaisseur du liquide.
		c.
N^os^ 1.	Liquide artificiel contenant : eau, 1000 ; sucre, 26,6, etc. Spores.	1,91
2.	Idem	2,66
3.	Idem	6,58
4.	Idem	14,10
5.	Idem	20,00

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
1^re^ récolte, 24 mars. Poids de la 1^re^ récolte	7,8	6,8	3,5	1,6	1,3
2^e^ récolte, 27 mars. Somme des deux 1^res^ récoltes	8,8	8,6	5,9	3,2	2,5
3^e^ récolte, 31 mars. Somme des trois 1^res^ récoltes	8,9	8,8	7,5	4,6	3,7
4^e^ récolte, 3 avril. Somme des quatre 1^res^ récoltes	8,9	8,8	8,0	5,8	4,6
5^e^ récolte, 7 avril. Somme des cinq récoltes réunies	8,9	8,8	8,15	6,5	5,3

On peut encore objecter ici que, dans les vases peu profonds, le liquide se concentre fortement par l'évaporation ; que, par suite, la proportion des substances de ce liquide qui imprègnent la récolte devient plus considérable : que c'est là la cause des différences observées. Cette objection ne peut s'appliquer aux résultats suivants, qui se rapportent à des récoltes débarrassées des matières solubles qu'elles ont absorbées.

Expérience du 31 *mars* 1868.

		Épaisseur.
N^os^ 1.	Essai contenant 200^cc^,0 d'eau ; 5,33 de sucre, etc.	1 centimètre.
2.	Idem	2 —
3.	Idem	3 —

	N° 1.	N° 2.	N° 3.
	gr.	gr.	gr.
1^re^ récolte, 3 avril. Poids de la 1^re^ récolte	2,20	1,70	0,45
2^e^ récolte, 7 avril. 1^re^ récolte et 2^e^ récolte réunies	2,35	2,05	1,00

Voici le résumé d'une expérience de vérification faite dans des conditions plus complexes que les précédentes : les volumes, la forme de la surface libre et la profondeur des liquides différaient d'un essai à un autre.

*Matières nutritives proportionnelles au volume. Spores d'*ASPERGILLUS.

	Volume du liquide.	Forme du vase.	Profondeur.
	cc.		c.
Nos 1.....	900,0	Vase circulaire.....	6,2
2.....	2750,0	Vase circulaire.....	4,6
3.....	150,0	Vase rectangulaire.....	4,3
4.....	1500,0	Vase rectangulaire.....	2,8
5.....	250,0	Vase rectangulaire.....	2,5
6.....	1250,0	Vase circulaire.....	2,2
7.....	450,0	Vase circulaire.....	1,9

On a mis ces vases à l'étuve le 21 mai 1868.

Poids des récoltes rapportées par le calcul à un volume de liquide = 1000cc.

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.	N° 6.	N° 7.
	—	—	—	—	—	—	—
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
1re récolte, 24 mai. Poids de la 1re récolte.....	6,7	6,7	11,0	12,0	16,0	15,5	18,2
2e récolte, 27 mai. Somme des deux 1res récoltes..	11,6	12,6	15,3	16,0	18,0	17,5	18,5
3e récolte, 1er juin. Somme des trois 1res récoltes..	14,5	15,8	16,2	17,2	17,2	17,2	18,2
4e récolte, 4 juin. Somme des récoltes.....	15,5	16,2	16,2	17,2	17,7	17,2	18,2

Ces résultats, dans leur ensemble, confirment la loi relative à l'influence de la profondeur.

Les essais n° 3, n° 4, n° 5, n° 6, n° 7 n'ayant rien produit le 4 juin, ont fourni le poids total de récolte qu'ils étaient capables de donner. Or, ces récoltes définitives ne sont pas tout à fait égales ; elles augmentent à mesure que la profondeur du liquide diminue ; de là cette conséquence :

3° Le poids total des récoltes que peut produire un certain poids d'une même dissolution n'est pas tout à fait constant ; il varie légèrement, en sens inverse de l'épaisseur du liquide sur lequel végète l'*Aspergillus*.

On peut encore remarquer que quelques nombres de l'expérience du 21 mai paraissent en désaccord avec les résultats des autres expériences : l'épaisseur du liquide étant plus faible dans le n° 6 que dans le n° 5, les premières récoltes devraient être plus fortes dans le n° 6 que dans le n° 5; c'est le contraire qui a lieu. De même, le n° 3 et le n° 2 ont pour épaisseurs 4c,3 et 4c,6, nombres sensiblement égaux; cependant les sommes de récoltes successives présentent des différences notables du n° 2 au n° 3. Comment expliquer ces anomalies? J'ai mesuré les surfaces libres des liquides du n° 2 et du n° 3, ainsi que les périmètres de ces surfaces; j'ai calculé le rapport de chaque périmètre à la surface correspondante, et j'ai trouvé que le rapport du périmètre à la surface dans le n° 3 était cinq fois plus grand que dans le n° 2. De même le rapport du périmètre à la surface dans le n° 5 était plus grand que dans le n° 6. L'influence du périmètre de la surface du liquide sur la rapidité du développement du végétal suffit donc à expliquer pourquoi la végétation a été plus rapide dans le n° 3 que dans le n° 2, dans le n° 5 que dans le n° 6. De là ce principe :

4° Toutes choses égales d'ailleurs, le développement de l'*Aspergillus* est d'autant plus rapide, que le rapport du périmètre de la surface libre du liquide à la surface elle-même est plus élevé; en d'autres termes, que, à égalité de surface, le périmètre est plus grand. Mais l'influence du périmètre est incomparablement moindre que celle de la profondeur.

Ces divers effets de la *forme des vases* sur la végétation sont en relation directe avec l'intervention nécessaire de l'*oxygène* de l'air dans le développement des Mucédinées. A mesure qu'on diminue l'épaisseur des liquides, on augmente la quantité d'air et, par suite, la quantité d'oxygène en contact avec chaque unité de masse de ces liquides, circonstance évidemment favorable à la rapidité de la végétation. En laissant les vases découverts, ou en augmentant le périmètre de ces vases sans faire varier la surface libre des liquides, on facilite le renouvellement de l'air et, par suite, l'accès de l'oxygène en chaque point de la Mucédinée; on accélère donc encore le développement du vé-

gétal. Enfin, lorsqu'on enlève une récolte formée dans un essai, on la presse pour rejeter une partie du liquide qui l'imprègne; on rejette en même temps les matières nutritives de ce liquide, ce qui constitue pour la récolte suivante une perte de poids qui dépend de la quantité des substances rejetées : or, celles-ci augmentent lorsque l'oxygène fait défaut, parce qu'elles s'accumulent dans la Mucédinée sans se transformer entièrement en matière organisée. On s'explique alors pourquoi les vases profonds, dans lesquels le liquide offre à l'air ambiant une surface de contact insuffisante, fournissent des récoltes totales relativement faibles.

La meilleure forme à donner aux vases, au double point de vue de la rapidité de la végétation et du poids total des récoltes, est celle qui, toutes choses égales d'ailleurs, favorise le plus le contact de l'oxygène de l'air et du liquide artificiel. La forme des vases des *essais types*, décrite à la page 200, a été déterminée d'après ces considérations.

Nous avons examiné jusqu'ici les principales *circonstances physiques* du phénomène de la végétation : les *éléments chimiques* qui exercent quelque influence sur le développement de l'*Aspergillus* réclament à présent notre attention.

*Des sels minéraux vénéneux pour l'*Aspergillus. — En dehors des éléments qui font partie du *milieu artificiel* des essais types (page 201), certaines substances chimiques m'ont paru intéressantes à étudier, en vertu d'une double propriété : en tant que sels minéraux, elles se rapprochent *chimiquement* de la plupart des composés du milieu artificiel propre au développement de l'*Aspergillus*, qui sont également des sels; mais par leur action éminemment toxique sur la Mucédinée, elles contrastent *physiologiquement* avec les substances fertilisantes de ce milieu.

Pour apprécier l'activité de quelques-uns de ces sels, je les ai mêlés en proportions variables au milieu artificiel type, et j'ai comparé les progrès du végétal soumis à leur influence à la végétation normale.

Expérience sur le nitrate d'argent.

Le 16 juillet 1867, j'ai porté à l'étuve les essais suivants :

		Nitrate d'argent.	
N° 1.	Eau, 500; sucre, 13,3; acide tartrique, 0,8; nitrate d'ammoniaque, 0,6; phosphate d'ammoniaque, 0,1; carbonate de potasse, 0,1; carbonate de magnésie, 0,1; sulfate d'ammoniaque, 0,05; sulfate de zinc, 0,03; sulfate de fer, 0,03; silicate de potasse, 0,03. Spores.....	gr. 0,050000	ou $\frac{1}{10\,0000}$
N^os 2.	Idem.....	0,025000	ou $\frac{1}{20\,000}$
3.	Idem.....	0,013000	ou $\frac{1}{40\,000}$
4.	Idem.....	0,006500	ou $\frac{1}{80\,000}$
5.	Idem.....	0,003200	ou $\frac{1}{160\,000}$
6.	Idem.....	0,001600	ou $\frac{1}{320\,000}$
7.	Idem.....	0,000800	ou $\frac{1}{640\,000}$
8.	Idem.....	0,000600	ou $\frac{1}{800\,000}$
9.	Idem.....	0,000300	ou $\frac{1}{1\,600\,000}$
10.	Idem.....	0,000150	ou $\frac{1}{3\,200\,000}$
11.	Idem.....	0,000080	ou $\frac{1}{6\,400\,000}$
12.	Idem.....	0	ou 0

Après trois jours passés à l'étuve, les n^os 1, 2, 3, 4 n'ont pas encore donné trace de végétation.

Les n^os 5, 6, 7, 8, 9 présentent quelques flocons du mycélium à la surface du liquide.

Les n^os 10, 11, 12 ont produit respectivement 2 grammes, 2^gr,5, 2^gr,5 de récolte à l'état sec; c'est-à-dire qu'ils n'ont pas subi d'action sensible de la part du sel d'argent.

L'azotate d'argent est donc éminemment vénéneux : il se

montre encore actif à la dose de $0^{gr},0003$ pour 500 gram. de liquide, ou de $1/1\,600\,000^{e}$ du poids de ce liquide ; car c'est là la proportion de sel d'argent du n° 9, sur la végétation duquel l'influence de ce sel a encore été manifeste. Au-dessous de cette limite, le nitrate d'argent devient à peu près inoffensif, comme l'indiquent les résultats des n^{os} 10, 11, 12.

Cependant le nitrate d'argent se réduit peu à peu sous l'influence des matières organiques du milieu artificiel ; il finit donc par devenir inactif, après un certain nombre de jours, et alors même que la proportion de ce sel est d'abord supérieure à $\frac{1}{1\,600\,000}$, la végétation reprend son cours habituel.

En essayant de faire végéter l'*Aspergillus* dans un vase d'argent, j'ai été tout d'abord fort surpris de n'obtenir que des traces à peine appréciables de mycélium : cette particularité s'explique par l'action chimique du liquide artificiel sur le métal, qui se transforme, en proportions très-minimes, en sel d'argent qui réagit à son tour sur le développement du végétal. Les vases d'argent, contrairement à ce que j'avais présumé d'abord, sont donc tout à fait impropres aux expériences du genre de celles qui nous occupent.

Expérience sur le bichlorure de mercure.

Le 10 août 1867, j'ai mis à l'étuve les essais suivants :

		Bichlorure de mercure.	
N^{os} 1.	Eau, 200 ; sucre, 6 gr. ; acide tartrique azotate d'ammoniaque et matières minérales dans les proportions ordinaires. Spores.....	gr. 0,050000	ou $\frac{1}{4000}$
2.	Idem.....	0,025000	ou $\frac{1}{8000}$
3.	Idem.....	0,012000	ou $\frac{1}{16\,000}$
4.	Idem.....	0,006000	ou $\frac{1}{32\,000}$
5.	Idem.....	0,003000	ou $\frac{1}{64\,000}$
6.	Idem.....	0,001500	ou $\frac{1}{128\,000}$

		gr.		
N^{os} 7.	Idem.....	0,000800	ou	$\frac{1}{256\,000}$
8.	Idem.....	0,000400	ou	$\frac{1}{512\,000}$
9.	Idem.....	0,000200	ou	$\frac{1}{1\,024\,000}$
10.	Idem.....	0,000100	ou	$\frac{1}{2\,048\,000}$
11.	Idem.....	0,000050	ou	$\frac{1}{4\,096\,000}$
12.	Idem.....	0,000025	ou	$\frac{1}{8\,192\,000}$
13.	Idem.....	0,000000	ou	0

Le 13 août, les n^{os} 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 n'ont pas donné de végétation; le n° 8 a produit un seul flocon de mycélium.

Dans les n^{os} 9, 10, 11, 12, l'*Aspergillus* a végété régulièrement; les fructifications ont apparu. Les récoltes, pesées à l'état sec, ont donné les nombres suivants :

	gr.
Dans le n° 9.....	0,8
— n° 10.....	1,1
— n° 11.....	0,9
— n° 12.....	1,2

Le chlorure de mercure s'est donc montré vénéneux jusqu'à la dose de 1/512 000^{e}; au-dessous de cette limite, il a été à peu près inactif.

Expérience sur le bichlorure de platine, 10 août 1867.

		Bichlorure de platine.		
N^{os} 1.	Eau, 200; sucre, 6; acide tartrique, nitrate d'ammoniaque et matières minérales en proportions convenables. Spores d'*Aspergillus*.....	gr. 0,0500	ou	$\frac{1}{4000}$
2.	Idem.....	0,0250	ou	$\frac{1}{8000}$
3.	Idem.....	0,0125	ou	$\frac{1}{16\,000}$
4.	Idem.....	0,0062	ou	$\frac{1}{32\,000}$
5.	Idem.....	0,0032	ou	$\frac{1}{64\,000}$
6.	Idem.....	0,0000	ou	0

Le 13 août, la végétation n'a point apparu dans les n^os^ 1 et 2; le développement de la Mucédinée s'est effectué régulièrement dans les n^os^ 3, 4, 5, où les poids de récolte sèche se sont élevés respectivement à 0^gr^,7, 1 gramme, 1^gr^,2.

Le *bichlorure de platine* a donc été vénéneux, mais seulement jusqu'à la dose minima 1/8000^e^.

Je n'ai pas fait d'expériences précises sur les *sels d'étain*, mais je me suis assuré qu'ils se comportent encore à l'égard de l'*Aspergillus* comme des poisons assez énergiques.

Expérience sur le sulfate de cuivre, 1^er^ mars 1867.

		Sulfate de cuivre.
N^os^ 1.	Eau, 480; Sucre, 13; nitrate d'ammoniaque et autres matières dans les proportions du milieu type. Spores.....	gr. 3,0 ou $\frac{1}{160}$
2.	Idem.....	2,0 ou $\frac{1}{240}$
3.	Idem.....	1,0 ou $\frac{1}{480}$
4.	Idem.....	0,5 ou $\frac{1}{960}$
5.	Idem.....	0,0 ou 0

Poids des récoltes.

	4 mars. 1^re^ récolte.	7 mars. 2^e^ récolte.	Récolte totale.
	gr.	gr.	gr.
N^os^ 1.....	0,8	0,8	1,6
2.....	1,6	0,9	2,5
3.....	2,0	1,2	3,2
4.....	2,3	1,0	3,3
5.....	2,5	0,7	3,2

Le sulfate de cuivre dans les n° 1 et 2, c'est-à-dire à la dose de 1/160^e^ et de 1/240^e^ a sensiblement entravé les progrès de la végétation; mais il a été incomparablement moins actif que les sels précédents, car une proportion de sulfate de cuivre égale à 1/160^e^ du poids du liquide permet encore au végétal de se développer sensiblement.

D'ailleurs je ne prétends pas que les effets de ces sels doivent être attribués en totalité à l'oxyde métallique; et même en ce

qui concerne le *sulfate de cuivre*, l'effet observé appartient peut-être en entier à l'*acide sulfurique*.

J'ai reconnu en effet que l'*acide sulfurique libre* à la dose de 1/500e arrête complétement le développement de la Mucédinée ; mais cet acide, dans la proportion de 1/1000e, a paru dépouillé de toute action nuisible.

M. Van Tieghem a pourtant vu, dans ses recherches sur la fermentation gallique, le développement de l'*Aspergillus* résister à de fortes proportions d'acide sulfurique libre.

Ces deux observations ne sont pas contradictoires ; peut-être en effet que l'action de l'acide sulfurique sur l'*Aspergillus* dépend de la composition du milieu nutritif auquel il est ajouté : or, M. Van Tieghem a principalement étudié cette Mucédinée dans des liquides organiques naturels, tandis que mes expériences se rapportent à des milieux artificiels. En particulier, on conçoit très-bien que, dans mes essais, l'acide sulfurique libre ait déplacé l'*acide nitrique* du nitrate d'ammoniaque, et que les effets apparents de l'acide sulfurique résultent en réalité de l'action de l'*acide nitrique* mis en liberté, que j'ai lieu de croire plus funeste à la végétation que l'acide sulfurique.

Ce qu'il faut remarquer principalement parmi les résultats qui précèdent, c'est que les sels d'argent, de mercure, de platine, sont pour l'*Aspergillus* des poisons très-violents dont la limite d'activité est inférieure aux nombres suivants :

Pour le nitrate d'argent.....	$\frac{1}{1\,600\,000}$
Pour le bichlorure de mercure.....	$\frac{1}{512\,000}$
Pour le bichlorure de platine.....	$\frac{1}{8000}$

Après avoir examiné l'influence qu'exercent sur la végétation les circonstances extérieures au *milieu artificiel des essais types*, je vais aborder l'étude de l'action physiologique des substances de ce milieu ; ce sera la partie essentielle de ce mémoire.

Je rappellerai d'abord la composition du milieu des essais types indiquée page 201 :

Eau	1500
Sucre candi	70
Acide tartrique	4
Nitrate d'ammoniaque	4
Phosphate d'ammoniaque	0,6
Carbonate de potasse	0,6
Carbonate de magnésie	0,4
Sulfate d'ammoniaque	0,25
Sulfate de zinc	0,07
Sulfate de fer	0,07
Silicate de potasse	0,07

Pour réunir toutes les substances chimiques essentielles à la végétation de l'*Aspergillus*, il suffit de joindre à ce tableau l'oxygène de l'air.

Toutes ces substances peuvent également être groupées dans l'ordre suivant :

1° Oxygène.
2° Eau.
3° Sucre.
4° Acide tartrique.
5° Composés azotés : acide azotique, ammoniaque.
6° Acide phosphorique.
7° Potasse.
8° Magnésie.
9° Acide sulfurique.
10° Oxyde de zinc.
11° Oxyde de fer.
12° Silice.

Ce sont ces douze éléments que je supprimerai tour à tour pour déterminer l'influence favorable de chacun d'eux sur la végétation de l'*Aspergillus*.

*Intervention nécessaire de l'oxygène, de l'eau, du sucre, de l'acide tartrique dans la végétation de l'*Aspergillus. — Je ne reviendrai pas sur l'efficacité et sur le rôle de l'*oxygène*, que j'ai indiqués précédemment (page 212), sans rien ajouter d'ailleurs à ce qui était connu auparavant sur ce point.

Il est à peine besoin de dire que l'*Aspergillus*, comme tous les végétaux, ne peut pas se développer dans un milieu privé d'*eau :* le rôle principal de cet oxyde est de dissoudre les autres substances qui interviennent dans la formation de cette plante.

Le rôle du *sucre* dans le développement des végétaux inférieurs a été mis en pleine lumière par les études de M. Pasteur (page 177 et suivantes) ; je ne citerai ici qu'un exemple numérique pour donner la mesure des effets de ce composé ternaire sur la végétation de l'*Aspergillus*.

Le 24 décembre 1867, j'ai mis à l'étuve deux essais contenant les substances suivantes :

N° 1. Eau	2750	Carbonate de potasse	0,6		
Acide tartrique	3	Carbonate de magnésie	0,5		
Nitrate d'ammon.	3,5	Citrate de fer	0,1		
Phosphate d'amm.	0,6	Sulfate de zinc	0,1	Sucre.	80
Sulfate d'amm.	0,3				

Spores d'*Aspergillus*.

N° 2. Idem ..... Sucre.. 0

	28 décembre. 1re récolte.	4 janvier. 2e récolte.	8 janvier. 3e récolte.
	gr.	gr.	gr.
Nos 1	10,2	5,0	2,5
2	0,27	0,0	0,0

Récoltes totales.		Rapport des deux récoltes totales.	
	gr.		
Nos 1	17,7	N° 1 / N° 2	$\frac{17,7}{0,27} = 65$
2	0,27		

L'effet produit par l'addition du sucre à l'élément azoté et aux matières minérales s'est donc traduit ici par un accroissement du poids de la récolte dans le rapport de 65 à 1.

Remarquons encore que 80 grammes de sucre ajoutés dans le n° 1 ont fourni un excédant de récolte égal à 17gr,43 seulement, c'est-à-dire très-inférieur au poids du sucre ajouté, car le rapport du poids du sucre à l'excédant de récolte est : $\frac{80}{17,43} = 4,6$.

Le sucre fournit au végétal le carbone, l'hydrogène, l'oxygène, c'est-à-dire la presque totalité de sa substance : avec l'oxygène de l'air il alimente la respiration; le sucre, l'eau et l'oxygène donnent peut-être naissance encore à des produits secondaires. Mais je n'ai pas recherché l'équation de leurs réactions multiples, qu'il appartient à l'analyse de déterminer.

L'*acide tartrique* joue, dans la végétation de l'*Aspergillus* et en général des Mucédinées, un rôle remarquable : vient-on à le supprimer, le liquide est envahi par des infusoires qui entravent le développement de la Mucédinée, phénomène qui se manifeste d'ailleurs dans tous les liquides neutres ou légèrement alcalins.

Ce n'est donc pas à la *nature de ses éléments*, mais bien à sa *propriété acide* que l'acide tartrique doit son efficacité; car l'alcool, le sucre, etc., qui contiennent les mêmes éléments ne peuvent le remplacer, et au contraire la plupart des acides organiques, certains acides minéraux même, tels que l'acide sulfurique en petite quantité, peuvent lui être substitués; mais je n'insisterai pas davantage sur un ordre de faits parfaitement connus depuis les travaux de M. Pasteur. (Voyez page 162.)

*Influence de l'élément azoté sur le développement de l'*Aspergillus. — L'*azote*, par son importance au point de vue de la végétation, se place immédiatement après le carbone, l'hydrogène et l'oxygène. Aussi je vais étudier expérimentalement les effets des *principaux composés azotés* sur le développement de l'*Aspergillus*.

Première expérience.

			gr
N° 1.	Eau, 3000 ; sucre, 75 ; acide tartrique, 2,5 ; phosphate de potasse, 0,8 ; sulfate de potasse, 0,2 ; magnésie, 0,2 ; cendres, 0,2. Spores d'*Aspergillus*.	Nitrate d'ammoniaque...	3,0
N° 2.	Idem.....	Nitrate d'ammoniaque...	0,0

On a mis les deux essais à l'étuve le 13 février 1863.

	Récoltes successives.		
	19 février. 1re récolte.	26 février. 2e récolte.	4 mars. 3e récolte.
	gr	gr	gr
Nos 1.....	6,0	7,50	2,0
2.....	0,0	0,15	0,5

	Sommes des récoltes.		
	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale.
	gr.	gr.	gr.
Nos 1.....	6,0	13,50	15,50
2.....	0,0	0,15	0,65

	Rapports des sommes des récoltes du n° 1 à celles du n° 2.		
	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale.
$\frac{\text{N° 1}}{\text{N° 2}}$	»	$\frac{13,5}{0,15} = 90$	$\frac{15,5}{0,65} = 24$

Deuxième expérience.

Le 4 janvier 1869, les deux essais suivants ont été mis à l'étuve :

			gr.
N° 1.	Eau, 1000; sucre, 50; acide tartrique, 2; phosphate de potasse, 0,6; sulfate de magnésie, 0,3; sulfate de zinc, 0,048; sulfate de fer, 0,048; silicate de potasse, 0,048. Spores.	Nitrate d'ammoniaque.	3,0
N° 2.	Idem.....	Nitrate d'ammoniaque.	0,0

Récoltes successives.

	7 janvier. 1re récolte.	10 janvier. 2e récolte.
	gr.	gr.
Nos 1.....	14,8	3,5
2.....	0,1	0,02

Sommes des récoltes.

	1re récolte.	Récolte totale.
	gr.	gr.
Nos 1.....	14,8	18,3
2.....	0,1	0,12

Rapports des sommes correspondantes.

	1re récolte.	Récolte totale.
$\frac{\text{N° 1}}{\text{N° 2}}$	$\frac{14,8}{0,1} = 148$	$\frac{18,3}{0,12} = 153$

Le rapport des récoltes avec et sans nitrate d'ammoniaque a varié de 24 : 1 à 153 : 1. Ces deux premières expériences mettent donc hors de doute l'efficacité du *nitrate d'ammoniaque*. J'ai essayé de le remplacer par le *nitrate de potasse* et le *tartrate d'ammoniaque*.

Troisième expérience, commencée le 5 juillet 1863.

			gr
Nos 1.	Eau, 3000; sucre, 80; acide tartrique; matières minérales. Spores d'*Aspergillus*.	Nitrate d'ammoniaque.	2,0
2.	Idem.....	Nitrate de potasse....	5,0
3.	Idem.....	Tartrate d'ammoniaq..	4,5
4.	Idem.....	Pas d'azote.	

Récoltes successives.

	8 juillet. 1re récolte.	11 juillet. 2e récolte.	14 juillet. 3e récolte.	18 juillet. 4e récolte.
Nos 1....	9,0	4,3	1,5	1,3
2....	4,5	4,9	4,2	2,4
3....	5,5	6,4	5,5	3,6
4....	Poids inappréciable.	»	»	0,8

	Somme des quatre récoltes successives.	Rapports des récoltes totales à celle du n° 4.
Nos 1.....	16,1	$\frac{16,1}{0,8} = 20$
2.....	16,0	$\frac{16,0}{0,8} = 20$
3.....	21,0	$\frac{21,0}{0,8} = 26$
4.....	0,8	$\frac{0,8}{0,8} = 1$

Cette expérience prouve que le nitrate d'ammoniaque peu être remplacé par le nitrate de potasse ou le tartrate d'ammoniaque ; car les rapports 20, 20, 26, qui mesurent les effets de ces sels à égales quantités d'azote, sont très-rapprochés.

Quatrième expérience (14 *mai* 1863).

		gr
Nos 1. Eau, 3000 ; sucre, 65 ; acide tartrique ; matières minérales. Spores d'*Aspergillus*.	Nitrate de potasse....	4,5
2. Idem.....	Nitrate de potasse....	0,0

	20 mai. 1re récolte.	26 mai. 2e récolte.	4 juin. 3e récolte.	Récoltes totales.	Rapport des récoltes totales.
Nos 1....	3,8	3,5	2,7	10,0	$\frac{10,0}{0,3} = 33$
2...	0,2	»	0,1	0,3	

Cette expérience confirme la précédente en ce qui concerne les effets du nitrate de potasse sur l'*Aspergillus*.

Cinquième expérience (28 *juin* 1868).

		gr
Nos 1. Eau, 1000 ; sucre 60 ; acide tartrique ; matières minérales. Spores d'*Aspergillus*.	Nitrate d'ammoniaque.	2,0
2. Idem.....	Tartrate d'ammoniaq..	4,5

Poids des récoltes.

	1er juillet. 1re récolte.	4 juillet. 2e récolte.	Récolte totale.
Nos 1.....	18,2	1,8	20,0
2.....	18,5	3,6	22,1

	Rapports des récoltes correspondantes.		
	1re récolte.	2e récolte.	Récolte totale.
$\frac{\text{N° 1}}{\text{N° 2}}$	$\frac{18,2}{18,5} = 1,02$	»	$\frac{22,1}{20,0} = 1,10$

Le tartrate d'ammoniaque est donc aussi actif sur la végétation que le nitrate d'ammoniaque ; je remarque même, sans attacher à ce fait plus d'importance qu'il ne mérite, que le tartrate d'ammoniaque s'est montré un peu plus efficace que les nitrates, à égalité d'azote.

En résumé, l'*acide nitrique* et l'*ammoniaque*, à l'état de sels, produisent sur la végétation des effets analogues ; ce résultat ne peut être attribué qu'à la seule propriété commune à ces deux composés si différents, je veux dire à l'azote qu'ils renferment.

La deuxième expérience conduit à une remarque intéressante : en introduisant, dans l'essai n° 1, $1^{gr},05$ d'azote à l'état d'ammoniaque, j'ai obtenu un excédant de récolte égal à $18^{gr},3 - 0^{gr},12 = 18^{gr},18$. Le rapport de l'azote à l'excédant de récolte est donc $\frac{1,05}{18,18} = \frac{1}{17}$: c'est-à-dire que le poids de l'azote est petit relativement au poids de matière organisée dont il provoque la formation.

J'ajouterai encore, sous toutes réserves, que le nitrite de potasse et le cyanure de potassium ne m'ont point paru par eux-mêmes favoriser le développement de l'*Aspergillus*.

Laissant de côté les faits particuliers, je formulerai par les trois propositions suivantes mes conclusions générales relatives à l'action physiologique de l'élément azoté :

1° M. Pasteur a prouvé l'utilité de l'*ammoniaque* dans la végétation des Mucédinées, lorsqu'on l'ajoute à un milieu artificiel formé d'eau, de sucre, d'acide tartrique et de matières minérales.

2° J'ai vérifié sur l'*Aspergillus* ce résultat fondamental, en l'amplifiant, et en le mesurant par le rapport numérique des poids de récoltes obtenues avec et sans ammoniaque, rapport qui s'est élevé jusqu'à 153 : 1.

3° J'ai établi que l'*ammoniaque* peut être remplacée par l'*acide nitrique;* d'où il résulte que c'est à leur azote que ces deux composés si différents doivent leur efficacité.

*Influence de l'acide phosphorique, de la potasse, de la magnésie, de l'acide sulfurique sur le développement de l'*Aspergillus. — Les effets apparents de l'*acide phosphorique*, de la *potasse*, de la *magnésie*, de l'*acide sulfurique*, sur le développement de l'*Aspergillus*, sont assez comparables entre eux; aussi ai-je cru devoir grouper ensemble les expériences destinées à faire ressortir l'efficacité de chacun de ces composés sur la végétation.

Première expérience.

Le 12 mars 1863, on a mis à l'étuve les essais suivants :

N° 1.	Eau	4000	*Phosphate d'ammoniaque*	1,05
	Sucre	70	*Carbonate de potasse*	0,316
	Acide tartrique	2	*Magnésie*	0,132
	Nitrate d'ammoniaque	3,5	*Sulfate d'ammoniaque*	0,200
	Matières min. complexes	0,2		

Spores d'*Aspergillus*.

N°s 2. Comme le n° 1, moins le *phosphate d'ammoniaque*.
3. Comme le n° 1, moins le *carbonate de potasse*.
4. Comme le n° 1, moins la *magnésie*.
5. Comme le n° 1, moins le *sulfate d'ammoniaque*.

Récolte du 30 avril.

	gr
N°s 1	8,15
2	0,2
3	0,6
4	0,7
5	0,8

Rapports du poids du n° 1 aux poids :

du n° 2... $\frac{8,15}{0,20} = 40,7$

du n° 3... $\frac{8,15}{0,60} = 13,6$

du n° 4... $\frac{8,15}{0,70} = 11,6$

du n° 5... $\frac{8,15}{0,80} = 10,2$

Deuxième expérience (14 *juin* 1863).

N° 1.	Eau	4000	*Phosphate d'ammoniaque*	0,59
	Sucre	100	*Carbonate de potasse*	0,54
	Acide tartrique	2	*Magnésie*	0,11
	Nitrate d'ammoniaque	4	*Sulfate d'ammoniaque*	0,21
	Matières min. complexes.	0,20		

Spores d'*Aspergillus.*

N^{os} 2. Comme le n° 1, moins le *phosphate d'ammoniaque.*
3. Comme le n° 1, moins le *carbonate de potasse.*
4. Comme le n° 1, moins la *magnésie.*
5. Comme le n° 1, moins le *sulfate d'ammoniaque.*

Récolte le 3 juin.

	gr
N^{os} 1	5,2
2	0,1
3	0,4
4	0,3
5	0,5

Rapports du poids du n° 1 aux poids :

$$\text{du n° 2...} \quad \frac{5,2}{0,1} = 52,0$$

$$\text{du n° 3...} \quad \frac{5,2}{0,4} = 13,0$$

$$\text{du n° 4...} \quad \frac{5,2}{0,3} = 17,0$$

$$\text{du n° 5...} \quad \frac{5,2}{0,5} = 10,4$$

Troisième expérience.

N° 1.	Eau	3000	*Phosphate d'ammoniaque*	0,4
	Sucre	65	*Carbonate de potasse*	0,4
	Acide tartrique	2	*Magnésie*	0,2
	Nitrate d'ammoniaque	2,5	*Sulfate d'ammoniaque*	0,2
	Matières min. complexes.	0,2		

Spores d'*Aspergillus.*

N^{os} 2. Comme le n° 1, moins le *phosphate d'ammoniaque.*
3. Comme le n° 1, moins le *carbonate de potasse.*
4. Comme le n° 1, moins la *magnésie.*
5. Comme le n° 1, moins le *sulfate d'ammoniaque.*

On a mis les essais à l'étuve le 22 mars 1864.

Récoltes successives.

	31 mars. 1re récolte.	20 avril. 2e récolte.	27 avril. 3e récolte.
	gr.	gr.	gr.
Nos 1....	5,0	2,3	10,3
2....	non récolté	0,3	0,1
3....	id.	0,4	0,3
4....	id.	0,5	0,5
5....	2,6	1,0	3,7

Sommes des récoltes.

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale.
	gr.	gr.	gr.
Nos 1....	5,0	7,3	17,6
2....	non récolté	0,3	0,4
3....	id.	0,4	0,7
4....	id.	0,5	1,0
5....	2,6	3,6	7,3

Rapports des sommes du n° 1 aux autres sommes, savoir :

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale.
$\frac{N° 1}{N° 2}$	»	24	44
$\frac{N° 1}{N° 3}$	»	18	25
$\frac{N° 1}{N° 4}$	»	14,6	17,6
$\frac{N° 1}{N° 5}$	2	2	2,4

Les expériences qui précèdent nous ont conduits à des rapports de récoltes tellement supérieurs à l'unité, qu'elles ne laissent aucun doute sur l'utilité physiologique du phosphate d'ammoniaque, du carbonate de potasse, de la magnésie, du sulfate d'ammoniaque. Mais peut-être auraient-elles pu conduire à des nombres encore plus concluants, si on les avait exécutées avec toute la perfection que comporte la méthode ; peut-être aussi les effets du *phosphate d'ammoniaque* et du *sulfate d'ammoniaque* pouvaient-ils être attribués, en partie au moins, à l'excès d'ammoniaque que ces corps ont introduit dans les liquides. C'est pour répondre

à ces objections que j'ai répété, avec plus de rigueur, les premières expériences :

Quatrième expérience.

N° 1.	Eau	1000	*Phosphate d'ammoniaque*	0,48
	Sucre	50	*Carbonate de potasse*	0,48
	Acide tartrique	2	*Carbonate de magnésie*	0,32
	Nitrate d'ammoniaque	2,9	*Sulfate d'ammoniaque*	0,20
	Carbonate de zinc	0,048		
	Citrate de fer	0,048		
	Silicate de potasse	0,048		

Spores d'*Aspergillus*.

N°s 2. Comme le n° 1, moins le *phosphate d'ammoniaque*, remplacé par une quantité équivalente de *tartrate d'ammoniaque*.

3. Comme le n° 1, moins le *carbonate de potasse*.

4. Comme le n° 1, moins le *carbonate de magnésie*.

5. Comme le n° 1, moins le *sulfate d'ammoniaque*, remplacé par une quantité équivalente de *tartrate d'ammoniaque*.

On a mis ces essais à l'étuve le 4 janvier 1869.

	1re récolte. 7 janvier.	2e récolte. 10 janvier.	Récolte totale.
	gr	gr	gr
N°s 1....	14,0	4,20	18,20
2....	»	0,10	0,10
3....	0,8	0,05	0,85
4....	»	0,20	0,20
5....	1,3	0,30	1,60

Rapports du poids de la récolte totale du n° 1 aux poids des autres récoltes; savoir :

$$\frac{\text{N° 1}}{\text{N° 2}} \,..\, \frac{18,2}{0,10} = 182,0, \text{ effet de l'}\textit{acide phosphorique}.$$

$$\frac{\text{N° 1}}{\text{N° 3}} \,..\, \frac{18,2}{0,85} = 21,0, \text{ effet de la } \textit{potasse}.$$

$$\frac{\text{N° 1}}{\text{N° 4}} \,..\, \frac{18,2}{0,20} = 91,0, \text{ effet de la } \textit{magnésie}.$$

$$\frac{\text{N° 1}}{\text{N° 5}} \,..\, \frac{18,2}{1,68} = 11,4, \text{ effet de l'}\textit{acide sulfurique}.$$

Cette dernière expérience prouve évidemment l'efficacité de l'*acide phosphorique*, de la *potasse*, de la *magnésie*, de l'*acide sulfurique* à l'état de sels, en même temps qu'elle en donne la mesure numérique.

A cause de la facilité avec laquelle les acides et les bases en

dissolution se combinent entre eux ou se séparent les uns des autres, on peut admettre comme évident que l'action de l'acide sulfurique, par exemple, sur la végétation, est indépendante de la base à laquelle il est combiné ; en sorte que tous les sulfates dont la base ne nuit pas par elle-même au développement de l'*Aspergillus*, le favoriseraient à l'égal du sulfate d'ammoniaque. Une remarque analogue s'applique à l'acide phosphorique, à la potasse, à la magnésie. Au reste, j'ai vérifié cette hypothèse en mesurant les effets physiologiques de l'acide phosphorique, de l'acide sulfurique, de la potasse, de la magnésie, engagés dans des combinaisons salines différentes, et les résultats se sont montrés conformes à mes prévisions ; je me bornerai à rapporter une seule expérience de ce genre relative à l'acide sulfurique :

Cinquième expérience (17 *mai* 1864).

N° 1.	Eau	3000	Magnésie	0,2
	Sucre	65	Citrate de fer	0,1
	Acide tartrique	1,5	Carbonate de manganèse	0,1
	Nitrate d'ammoniaque	3	Carbonate de soude	0,1
	Phosphate d'ammoniaq.	0,5	Matières minérales complexes	0,1
	Carbonate de potasse	0,5	*Sulfate d'ammoniaque*	0,2

Spores d'*Aspergillus*.

N°s 2. Comme le n° 1. *Sulfate d'ammoniaque* remplacé par le *sulfate de potasse*.
3. Comme le n° 1. Pas de *sulfate*.

Récoltes successives.

	20 mai. 1re récolte.	2 mai. 2e récolte.	4 juin. 3e récolte.
	gr.	gr.	gr.
N°s 1.....	3,0	7,8	3,0
2.....	2,5	7,3	4,3
3.....	0,2	0,5	0,9

Sommes des récoltes.

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale.
	gr.	gr.	gr.
N°s 1.....	3,0	10,8	14,3
2.....	2,5	9,8	14,1
3.....	0,2	0,7	1,6

	Rapports des sommes correspondantes.		
	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale.
$\frac{\text{N° 1}}{\text{N° 2}}$	$\frac{3,6}{2,5} = 1,2$	$\frac{10,8}{9,8} = 1,1$	$\frac{14,3}{14,1} = 1,01$
$\frac{\text{N° 1}}{\text{N° 3}}$	$\frac{3,0}{0,2} = 15,2$	$\frac{10,8}{0,7} = 15,4$	$\frac{14,3}{1,6} = 8,94$

A l'inspection de ces rapports numériques, on voit immédiatement que les effets produits par le *sulfate d'ammoniaque* et le *sulfate de potasse* sont presque identiques, indépendants par conséquent de la nature de la base.

Cette influence de l'acide phosphorique, de l'acide sulfurique, de la potasse, de la magnésie, sur la végétation, ne peut guère être attribuée qu'aux radicaux de ces oxydes : dès lors, si nous cherchons le rapport de l'excédant de récolte déterminé par la présence de chacun de ces radicaux dans un milieu artificiel, au poids du radical lui-même, voici ce que nous trouverons, d'après la quatrième expérience :

Poids du radical.		Excédant de récolte.	Rapport de l'excédant de récolte au poids du radical.
Phosphore.....	gr 0,115	18,2 — 0,10 = gr 18,1	$\frac{18,100}{0,115} = 157$
Potassium.....	0,271	18,2 — 0,85 = 17,35	$\frac{17,350}{0,271} = 64$
Magnésium.....	0,091	18,2 — 0,20 = 18,00	$\frac{18,000}{0,091} = 200$
Soufre.....	0,048	18,2 — 1,60 = 16,60	$\frac{16,600}{0,048} = 346$

Il est, à mon avis, très-remarquable qu'un certain poids de chacun de ces corps simples puisse déterminer la formation d'un poids de matière organisé aussi considérable par rapport au premier ! Je dirai d'ailleurs, une fois pour toutes, que ces nombres, comme la plupart des nombres de ce mémoire, ne doivent pas être pris dans un sens trop absolu ; ils servent à donner des idées nettes et vraies sur les variations des éléments des phénomènes sans toutefois les mesurer rigoureusement.

En résumé, voici les résultats généraux qui me paraissent

définitivement acquis par les expériences que je viens de rapporter :

1° M. Pasteur avait constaté qu'une petite quantité de cendres minérales formées en grande partie d'*acide phosphorique*, de *potasse*, de *magnésie*, exerce une influence favorable sur le développement des Mucédinées, en présence du sucre, de l'acide tartrique et d'un élément azoté. (Voyez page 179 et page 194.)

2° J'ai démontré que cette influence est due principalement au concours simultané de l'*acide phosphorique*, de la *potasse*, de la *magnésie*, de l'*acide sulfurique;* car si l'on supprime, du milieu type indiqué à la page 201, un seul de ces oxydes, quel qu'il soit, on n'obtient plus, à la place d'une récolte abondante que fournirait le milieu complet, qu'une chétive végétation.

3° J'ai mesuré les effets de ces éléments par le rapport des poids de récoltes obtenus avec et sans le concours de chacun d'eux; voici les valeurs extrêmes de ces rapports :

	Maxima.	Minima.
Pour l'acide phosphorique.	24,0	182,0
Pour la potasse.....	13,0	25,0
Pour la magnésie.....	11,6	91,0
Pour l'acide sulfurique....	2,0	15,4

4° Les poids de *phosphore*, de *potassium*, de *magnésium*, de *soufre*, auxquels j'attribue ces effets, sont extrêmement faibles par rapport au poids de matière organisée produite par leur intervention :

1	gramme	de phosphore peut développer.....	157	grammes de Mucédinée.
1	id.	de potassium.....	64	—
1	id.	de magnésium.....	200	—
1	id.	de soufre.....	346	—

Il m'a paru inutile d'insister longtemps sur les résultats qui précèdent, tant ils se dégagent avec netteté des expériences. Mais à mesure que les faits deviennent plus inattendus, moins facilement saisissables, l'expérimentateur doit multiplier les preuves, devenir plus sévère dans les déductions. Aussi ai-je cru devoir concentrer tous mes efforts sur les faits que je vais exposer,

parce que par leur nature même ils paraissent devoir soulever plus d'objections.

Il existe des oxydes minéraux qui, ajoutés aux éléments dont l'utilité pour la végétation a été constatée précédemment, augmentent notablement le poids des récoltes. — Nous avons jusqu'ici constaté l'influence d'un certain nombre d'éléments sur la végétation de l'*Aspergillus*, savoir :

L'oxygène (de l'air).
L'eau.
Le sucre.
L'acide tartrique.
L'élément azoté (acide nitrique ou ammoniaque).
L'acide phosphorique.
L'acide sulfurique.
La potasse.
La magnésie.

Un milieu formé de la réunion de ces éléments peut fournir une abondante récolte d'*Aspergillus*, si l'on n'en éloigne pas avec soin les substances étrangères qui peuvent s'y mêler naturellement. Ce cas se présentera si les éléments que je viens de nommer ont été mal purifiés, si les vases qui contiennent la dissolution de ces éléments lui cèdent des traces de leur substance (telles sont, par exemple, les poteries grossières, etc., etc.). C'est précisément dans de semblables conditions que furent réalisées mes premières expériences sur la végétation de l'*Aspergillus*, par suite de circonstances qu'il est inutile de rappeler ici. Plus tard, lorsque j'éloignai des milieux artificiels les causes capables d'en altérer la pureté, je vis aussitôt le poids des récoltes s'abaisser singulièrement, et l'insuffisance des éléments qui seuls jusque-là avaient fixé mon attention commença à se révéler. Je vais préciser ces faits par un exemple :

En 1862, un milieu artificiel formé des substances que je viens d'énumérer a fourni une récolte totale s'élevant à $18^{gr},04$ à l'état sec pour 80 grammes de sucre. En 1864, un milieu formé des mêmes éléments, presque dans les mêmes proportions, a produit 6 grammes de récolte totale pour 100 grammes de sucre.

Pourquoi donc le premier essai a-t-il donné une récolte trois fois plus forte que le second? C'est que, dans le premier cas, des substances étrangères s'étaient glissées parmi les éléments du milieu artificiel, cause d'erreur qui avait été évitée dans le second cas.

Ces faits parlent d'eux-mêmes : il est clair qu'il existe certaines substances qui, ajoutées au milieu artificiel employé dans la deuxième expérience, élèveront sûrement la récolte de 6 à 18 grammes, et lorsque ce résultat sera atteint, l'influence de nouveaux agents de fertilisation sera démontrée. Or, si nous parvenons à réaliser ce progrès, nous le devrons à une purification plus complète du milieu au sein duquel s'élabore la Mucédinée. On comprend dès lors toute l'importance de certaines précautions que j'ai recommandées dans l'exposé de la méthode (pages 200 et 201).

Mais avant de rechercher quels sont ces nouveaux éléments utiles à la végétation de l'*Aspergillus*, il importe de ne laisser aucun doute sur l'exactitude de cette proposition :

Outre l'oxygène, l'eau, le sucre, l'acide tartrique, la matière azotée, l'acide phosphorique, la potasse, la magnésie, l'acide sulfurique, il existe d'autres éléments qui, ajoutés au milieu formé par les premiers, augmentent notablement le poids des récoltes.

Tel est l'objet des expériences qui suivent :

Première expérience.

N° 1.	Eau	3000	Phosphate d'ammoniaque		0,5
	Sucre	80	Carbonate de potasse		0,5
	Acide tartrique	3	Carbonate de magnésie		0,3
	Nitrate d'ammoniaque	3	Sulfate d'ammoniaque		0,2

Spores d'*Aspergillus*.

N° 2. Comme le n° 1, et en outre :

	gr
Terre cuite pulvérisée	2,0
Carbonate de manganèse	0,1
Carbonate de soude	0,1
Carbonate de chaux	0,1
Citrate de fer	0,1

N° 3. Comme le n° 2, et en outre 2 grammes de porcelaine pulvérisée.

Ces essais ont été mis à l'étuve le 10 octobre 1864.

Récoltes successives.

	14 octobre. 1re récolte.	19 octobre. 2e récolte.	23 octobre. 3e récolte.
	gr	gr	gr
Nos 1....	3,0	2,4	0,6
2....	8,7	6,3	3,1
3....	10,0	6,8	2,0

Sommes des récoltes.

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale.
Nos 1....	3,0	5,4	6,0
2....	8,7	15,0	18,1
3....	10,0	16,8	18,8

Rapports des récoltes correspondantes, savoir :

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale.
$\frac{\text{N° 2}}{\text{N° 1}}$	$\frac{8,7}{3,0} = 2,9$	$\frac{15,0}{5,4} = 2,8$	$\frac{18,1}{6,0} = 3,0$
$\frac{\text{N° 3}}{\text{N° 1}}$	$\frac{10}{3} = 3,3$	$\frac{16,8}{5,4} = 3,1$	$\frac{18,8}{6,0} = 3,1$

Deuxième expérience 16 (*juin* 1864).

N° 1. Eau.....	3000	Phosphate d'ammoniaque.....	0,5
Sucre.....	80	Carbonate de potasse.....	0,5
Acide tartrique.....	1,8	Magnésie.....	0,2
Nitrate d'ammoniaque..	3	Sulfate d'ammoniaque.....	0,2

Spores d'*Aspergillus*.

N° 2. Comme le n° 1, et en outre :

	gr
Terre cuite pulvérisée.....	1,0
Porcelaine pulvérisée.....	1,0
Carbonate de soude.....	0,1
Carbonate de manganèse.....	0,1
Carbonate de chaux.....	0,1
Citrate de fer.....	0,1

N° 3. Comme le n° 2, plus cendres de bois, 0,5.

Récoltes successives.

	19 juin. 1re récolte.	22 juin. 2e récolte.	25 juin. 3e récolte.
	gr	gr	gr
Nos 1....	1,7	1,7	0,6
2....	7,8	6,7	4,5
3....	0,7	7,7	5,0

Sommes des récoltes.

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale.
Nos 1....	1,7	3,4	4,9
2....	7,8	14,5	19,0
3....	0,7	8,4	13,4

Rapports des récoltes, savoir :

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale.
$\frac{\text{N° 1}}{\text{N° 2}}$	$\frac{7,8}{1,7} = 4,5$	$\frac{14,5}{3,4} = 4,3$	$\frac{19}{4} = 4,7$
$\frac{\text{N° 3}}{\text{N° 1}}$	$\frac{0,7}{1,7} = 0,41$	$\frac{8,4}{3,4} = 2,4$	$\frac{13,4}{4,0} = 3,4$

La première récolte du n° 3 (0gr,7) est évidemment anormale : or, des infusoires ayant pris naissance dans cet essai à cause de la diminution d'acidité produite par les 0gr,5 de cendres de bois (page 162), la végétation de la Mucédinée a été tout d'abord ralentie ; mais bientôt elle a repris le dessus, parce que ces infusoires ont développé des acides, et dès la deuxième récolte l'anomalie a disparu.

Troisième expérience (27 *juillet* 1866).

N° 1.	Eau.....	3000	Phosphate d'ammoniaque.....	0,5
	Sucre.....	80	Carbonate de potasse.....	0,5
	Acide tartrique.....	3,5	Magnésie.....	0,2
	Nitrate d'ammoniaque..	3	Sulfate d'ammoniaque.....	0,2

Spores d'*Aspergillus*.

N° 2. Comme le n° 1, et en outre :

	gr.
Carbonate de manganèse.....	0,1
Carbonate de chaux.....	0,1
Sulfate de fer.....	0,1
Sulfate de zinc.....	0,1
Carbonate de soude.....	0,1
Silicate de potasse.....	0,1

N° 3. Comme le n° 2 ; plus, terre cuite, 1 gramme ; cendres de bois, 1 gramme.

Récoltes successives.

	20 juillet. 1re récolte.	23 juillet. 2e récolte.	26 juillet. 3e récolte.
	gr.	gr.	gr.
Nos 1....	1,8	1,3	1,0
2....	7,8	6,0	4,6
3....	9,0	6,8	5,7

Sommes des récoltes.

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale.
Nos 1....	1,8	3,1	4,1
2....	7,8	13,8	18,4
3....	9,0	15,8	21,5

Rapports des récoltes correspondantes :

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale.
$\frac{\text{N° 2.}}{\text{N° 1.}}$	$\frac{7,8}{1,8} = 4,3$	$\frac{13,8}{3,1} = 4,4$	$\frac{18,4}{4,1} = 4,5$
$\frac{\text{N° 3.}}{\text{N° 1.}}$	$\frac{9,0}{1,8} = 5,0$	$\frac{15,8}{3,1} = 5,1$	$\frac{21,5}{4,1} = 5,2$

1° Ces expériences s'accordent à démontrer que l'addition de *certaines substances* aux éléments reconnus jusqu'ici utiles à la végétation de l'*Aspergillus*, augmente le poids des récoltes suivant des rapports qui varient entre 3 : 1 et 5 : 1.

2° Ces nouvelles substances favorables à la végétation, doivent être recherchées parmi les sels minéraux, puisque les matières plus ou moins complexes dont on vient de reconnaître l'efficacité ne sont en réalité que des mélanges de sels minéraux.

3° Il paraît même certain, d'après les résultats du n° 2 de la troisième expérience, que les plus essentiels de ces sels minéraux font partie du mélange suivant :

Carbonate de manganèse,
Carbonate de chaux,
Carbonate de soude,
Sulfate de fer,
Sulfate de zinc,
Silicate de potasse.

Toutefois les matières complexes, que j'ai ajoutées dans certains essais, ont en réalité apporté avec elles de l'acide phosphorique, de la potasse, de la magnésie, de l'acide sulfurique : n'est-ce pas à cette augmentation d'éléments reconnus utiles qu'il faudrait attribuer une partie des effets observés ? Les expériences suivantes répondent à cette objection :

Quatrième expérience.

N° 1.	Comme le N° 1 de la troisième expérience, et en outre :			
	Phosphate d'ammoniaque..	0,3	Carbonate de magnésie.....	0,3
	Carbonate de potasse.....	0,3	Sulfate d'ammoniaque.....	0,2
N° 2.	Comme le N° 1 de la troisième expérience, et en outre :			
	Terre cuite pilée.....	1,0	Carbonate de chaux.....	0,1
	Cendres de bois.....	1,0	Carbonate de soude.....	0,1
	Sulfate de fer.....	0,1	Carbonate de zinc.....	0,1
	Carbonate de manganèse..	0,1		

On a porté ces essais à l'étuve le 26 juin 1866.

Récoltes successives.

	29 juin. 1re récolte.	2 juillet. 2e récolte.	5 juillet. 3e récolte.	8 juillet. 4e récolte.
	gr.	gr.	gr.	gr.
Nos 1...	2,1	2,1	1,7	1,3
2...	8,0	6,8	5,3	4,0

Sommes des récoltes.

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	1re, 2e et 3e récoltes.	Récolte totale.
Nos 1...	2,1	4,2	5,9	7,2
2...	8,0	14,8	20,1	24,1

Rapports des récoltes.

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	1re, 2e et 3e récoltes.	Récolte totale.
$\frac{\text{N° 2.}}{\text{N° 1.}}$	$\frac{8,0}{2,1} = 3,8$	$\frac{14,8}{4,2} = 3,5$	$\frac{20,1}{5,9} = 3,4$	$\frac{24,1}{7,2} = 3,3$

Cinquième expérience (16 *juin* 1868).

N° 1.	Eau.....	3000	Phosphate d'ammoniaque.....	0,5
	Sucre.....	80	Carbonate de potasse.....	0,5
	Acide tartrique.....	3	Carbonate de magnésie.....	0,3
	Nitrate d'ammoniaque. .	3	Sulfate d'ammoniaque.....	0,2

Spores d'*Aspergillus*.

N° 2.	Comme le N° 1, et en outre :			
	Phosphate d'ammoniaq..	0,17	Carbonate de magnésie.....	0,1
	Carbonate de potasse....	0,17	Sulfate d'ammoniaque.....	0,1
N° 3.	Comme le N° 1, et en outre :			
	Terre cuite pulvérisée....	1,0	Carbonate de manganèse.....	0,1
	Porcelaine pulvérisée....	1,0	Carbonate de chaux.....	0,1
	Carbonate de soude.....	0,1	Sulfate de fer.....	0,1

Récoltes successives.

	19 juin. 1re récolte.	22 juin. 2e récolte.	25 juin. 3e récolte.
	gr.	gr.	gr.
Nos 1...	1,7	1,7	0,6
2...	1,8	1,7	0,8
3...	7,8	6,7	4,5

Sommes des récoltes.

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale.
Nos 1...	1,7	3,4	4,0
2...	1,8	3,5	4,3
3...	7,8	14,5	19,0

Rapports des récoltes.

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale.
$\frac{\text{N° 2.}}{\text{N° 1.}}$	$\frac{1,8}{1,7} = 1,1$	$\frac{3,5}{3,4} = 1,03$	$\frac{4,3}{4,0} = 1,1$
$\frac{\text{N° 3.}}{\text{N° 2.}}$	$\frac{7,8}{1,8} = 4,3$	$\frac{14,5}{3,5} = 4,1$	$\frac{19,0}{4,3} = 4,4$

Ainsi, d'une part, une augmentation des proportions habituelles d'acide phosphorique, de potasse, de magnésie, d'acide sulfurique, n'a pas sensiblement élevé le poids des récoltes dans le n° 2 de la cinqième expérience ; d'autre part, dans la quatrième et la cinquième expérience, ces quatre oxydes ne prédominaient plus dans les vases où l'on a ajouté de la terre cuite pulvérisée, des cendres, etc., etc.; et pourtant ces matières complexes ont été aussi efficaces que dans les trois premières expériences.

Influence de l'oxyde de zinc et de l'oxyde de fer sur le développement de l'Aspergillus. — Il existe donc des oxydes minéraux favorables à la végétation, qui ne sont ni l'acide phosphorique, ni la magnésie, ni la potasse, ni l'acide sulfurique. Quels sont ces oxydes? L'expérience va nous l'apprendre.

Première expérience (21 *juillet* 1867).

N^{os} 1.	Eau.....	3000	Phosphate d'ammoniaque.....	0,6
	Sucre.....	80	Carbonate de potasse.....	0,6
	Acide tartrique.....	3	Carbonate de magnésie.....	0,5
	Nitrate d'ammoniaque..	3,5	Sulfate d'ammoniaque.....	0,3
			Sulfate de zinc.. 0,1	
			Sulfate de fer. .. 0,1	
			Spores d'*Aspergillus*.	

2. Comme le N° 1, moins le *sulfate de zinc*.
3. Comme le N° 1, moins le *sulfate de zinc*.

Récoltes.

	21 juillet. 1re récolte.	27 juillet. 2e récolte.	Récolte totale.
	gr.	gr.	gr.
N^{os} 1...	9,1	6,2	15,3
2...	2,5	1,7	4,2
3...	2,9	1,0	3,9

Rapports des récoltes.

	1re récolte.	Récolte totale.
$\frac{\text{N° 1.}}{\text{N° 2.}}$	$\frac{9,1}{2,5} = 3,6$	$\frac{15,3}{4,2} = 3,6$
$\frac{\text{N° 1.}}{\text{N° 3.}}$	$\frac{9,1}{2,9} = 3,1$	$\frac{15,3}{3,9} = 3,9$

Deuxième expérience (14 *août* 1867).

N^{os} 1. Mêmes substances que dans le N° 1 de l'expérience précédente, et en outre : 0^{gr},1 de silicate de potasse.
2. Comme le N° 1, moins le *sulfate de fer*.

Récoltes.

	17 août. 1re récolte.	20 août. 2e récolte.	23 août. 3e récolte.
	gr	gr	gr
N^{os} 1...	9,7	6,5	2,8
2...	5,0	3,3	1,0

Sommes des récoltes.

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale.
N^{os} 1...	9,7	16,2	19,0
2...	5,0	8,3	9,3

Rapports des récoltes.

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale.
$\frac{\text{N° 1.}}{\text{N° 2.}}$	$\frac{9,7}{5,0} = 1,8$	$\frac{16,2}{8,3} = 2,0$	$\frac{19,0}{9,3} = 2,0$

Troisième expérience (23 *juin* 1867).

Nos 1. Identique avec le N° 1 des expériences précédentes.
2. Comme le N° 1, moins le *sulfate de zinc*.
3. Comme le N° 1, moins le *sulfate de fer*.

Récoltes successives.

	26 juin. 1re récolte.	29 juin. 2e récolte.	2 juillet. 3e récolte.	5 juillet. 4e récolte.
	gr.	gr.	gr.	gr.
Nos 1....	9,0	6,2	3,7	2,0
2....	2,6	1,7	1,5	1,0
3....	3,5	3,8	4,0	1,2

Sommes des récoltes.

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	1re, 2e et 3e récoltes.	Récolte totale.
Nos 1....	9,0	15,2	18,9	20,9
2....	2,6	4,3	5,8	6,8
3....	3,5	7,3	11,3	12,5

Rapports des sommes des récoltes.

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	1re, 2e et 3e récoltes.	Récolte totale.
$\frac{\text{N° 1.}}{\text{N° 2.}}$	$\frac{9,0}{2,6} = 3,5$	$\frac{15,2}{4,3} = 3,5$	$\frac{18,9}{5,8} = 3,3$	$\frac{20,9}{6,8} = 3,1$
$\frac{\text{N° 1.}}{\text{N° 3.}}$	$\frac{9,0}{3,5} = 2,6$	$\frac{15,2}{7,3} = 2,1$	$\frac{18,9}{11,3} = 1,7$	$\frac{20,9}{12,5} = 1,7$

Dans ces trois expériences, les effets du sulfate de zinc sur le poids des récoltes sont mesurés par des rapports compris entre 3,1 et 3,9; et les effets du sulfate de fer par des nombres compris entre 1,7 et 2,6; l'efficacité de ces deux sels est donc incontestable; mais peut-être est-il utile de vérifier qu'elle n'appartient pas à l'*acide sulfurique* que ces sels apportent dans les essais où ils sont introduits :

Quatrième expérience (3 *octobre* 1868).

N° 1. Eau	1000	Carbonate de potasse	0,48
Sucre	50	Carbonate de magnésie	0,32
Acide tartrique	2	Sulfate d'ammoniaque	0,20
Nitrate d'ammoniaque	2,9	Silicate de potasse	0,06
Phosphate d'ammoniaq.	0,48		
Sulfate de zinc	0,06		
Sulfate de fer	0,06		

Spores d'*Aspergillus*.

N° 2. Comme le N° 1 ; le *sulfate de zinc* est remplacé par 0^{gr},06 de *sulfate d'ammoniaque*.

N° 3. Comme le N° 1 ; le *sulfate de fer* est remplacé par 0^{gr},06 de *sulfate d'ammoniaque*.

Récoltes.

	1re récolte. 6 octobre.	2e récolte. 9 octobre.	Récolte totale.
Nos 1	15,6	2,8	18,4
2	5,2	0,8	6,0
3	11,0	0,7	11,7

Rapports des récoltes.

1re récolte.	Récolte totale.
$\frac{\text{N° 1.}}{\text{N° 2.}} = \frac{15,6}{5,2} = 3,0$	$\frac{18,4}{6,0} = 3,1$
$\frac{\text{N° 1.}}{\text{N° 3.}} = \frac{15,6}{11,0} = 1,4$	$\frac{18,4}{11,7} = 1,6$

Cinquième expérience (31 *octobre* 1868).

N° 1. Eau	1500	Carbonate de magnésie	0,40
Sucre	70	Sulfate d'ammoniaque	0,25
Acide tartrique	4	Sulfate de zinc	0,07
Nitrate d'ammoniaque.	4,04	Silicate de potasse	0,7
Phosphate d'ammon.	0,60	*Sulfate de fer*	0,07
Carbonate de potasse.	0,60		

Spores d'*Aspergillus*.

N° 2. Comme le N° 1 ; pas de *sulfate de fer*.

N° 3. Comme le N° 1 ; le *sulfate de fer* remplacé par 0^{gr},07 de *sulfate d'ammoniaque*.

Récoltes.

	3 novembre. 1re récolte.	6 novembre. 2e récolte.	Récolte totale.
Nos 1	14,4	10,0	24,4
2	8,2	4,2	12,4
3	7,2	7,4	14,6

Rapports des récoltes.

	1re récolte.	Récolte totale.
$\frac{\text{N° 1.}}{\text{N° 3.}}$	$\frac{14,4}{7,2} = 2,00$	$\frac{24,4}{14,6} = 1,7$
$\frac{\text{N° 3.}}{\text{N° 2.}}$	$\frac{7,2}{8,2} = 0,88$	$\frac{14,6}{12,4} = 1,2$

Les essais qui contiennent du *sulfate de fer* et du *sulfate de zinc* ont encore donné de plus fortes récoltes que les essais privés de fer ou de zinc et contenant la même quantité d'acide sulfurique que les premiers ; d'ailleurs, le mélange artificiel du n° 3 de la cinquième expérience qui contient plus d'acide sulfurique que celui du n° 2 n'a pas été notablement plus fertile. C'est donc à l'*oxyde de zinc* et à l'*oxyde de fer*, et non à l'*acide sulfurique*, que les *sulfates de zinc et de fer* doivent leur efficacité.

J'ai répété les expériences qui précèdent avec des sels de fer et de zinc à acides différents, afin de confirmer encore ces résultats : j'ai cherché à établir sans conteste que tous ces sels agissent sur la végétation à l'égal des sulfates, quel que soit leur acide :

Sixième expérience (3 *août* 1867).

Nos 1.	Eau	3000	Carbonate de potasse	0,6
	Sucre	80	Carbonate de magnésie	0,4
	Acide tartrique	3	Sulfate d'ammoniaque	0,2
	Nitrate d'ammoniaque	3,5	Silicate de potasse	0,1
	Phosphate d'ammoniaq.	0,6		

Sulfate de zinc..... 0,1.

Spores d'*Aspergillus*.

2. Comme le N° 1, + *Sesquioxyde de fer*..... 0,1
(une portion du sesquioxyde de fer est restée sans se dissoudre)
3. Comme le N° 1, + *Lactate de fer*..... 0,1
4. Comme le N° 1, + *Citrate de fer*..... 0,1
5. Comme le N° 1, + *Sulfate de fer*..... 0,1

Récoltes successives.

	6 août. 1re récolte.	9 août. 2e récolte.	12 août. 3e récolte.
	gr.	gr.	gr.
Nos 1....	4,2	2,4	1,1
2....	9,2	5,2	2,0
3....	10,5	6,7	3,2
4....	9,2	6,8	4,0
5....	9,7	6,0	3,2

Sommes des récoltes.

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale
Nos 1....	4,2	6,6	7,7
2....	9,2	14,4	16,4
3....	10,5	17,2	20,4
4....	9,2	16,0	20,0
5....	9,7	15,7	18,9

Rapports des sommes des récoltes.

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale.
$\frac{\text{N° 2.}}{\text{N° 1.}}$	$\frac{9,2}{4,2} = 2,2$	$\frac{14,4}{6,6} = 2,2$	$\frac{16,4}{7,7} = 2,1$
$\frac{\text{N° 3.}}{\text{N° 1.}}$	$\frac{10,5}{4,2} = 2,5$	$\frac{17,2}{6,6} = 2,6$	$\frac{20,4}{7,7} = 2,7$
$\frac{\text{N° 4.}}{\text{N° 1.}}$	$\frac{9,2}{4,2} = 2,2$	$\frac{16,0}{6,6} = 2,4$	$\frac{20,0}{7,7} = 2,6$
$\frac{\text{N° 5.}}{\text{N° 1.}}$	$\frac{9,7}{4,2} = 2,3$	$\frac{15,7}{6,6} = 2,4$	$\frac{18,9}{7,7} = 2,5$

Septième expérience (*4 août* 1866).

N° 1. Eau.....	3000	Sucre.....	80
Acide tartrique.....	3	Nitrate d'ammoniaque.....	3,5
Phosphate d'amm...	0,6	Carbonate de potasse.....	0,6
Carbonate de magn..	0,5	Sulfate d'ammoniaque.....	0,3
Silicate de potasse...	0,1	Sulfate de fer.....	0,1

Spores d'*Aspergillus*.

Nos 2. Comme le n° 1, + *sulfate de zinc.* 0,1
3. Comme le n° 1, + *nitrate de zinc.* 0,1
4. Comme le n° 1, + *lactate de zinc.* 0,1

Récoltes successives.

	7 août. 1re récolte.	10 août. 2e récolte.	13 août. 3e récolte.
	gr.	gr.	gr.
Nos 1....	2,1	2,7	2,5
2....	8,5	8,4	3,7
3....	4,0	7,5	6
4....	7,8	8	3,5

Sommes des récoltes.

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale.
Nos 1....	2,1	4,8	7,3
2....	8,5	16,9	20,6
3....	4	11,5	17,5
4....	7,8	15,8	19,3

Rapports des sommes des récoltes.

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale.
$\frac{\text{N° 2}}{\text{N° 1}}$	$\frac{8,5}{2,1} = 4$	$\frac{16,9}{4,8} = 3,5$	$\frac{20,6}{7,3} = 2,8$
$\frac{\text{N° 3}}{\text{N° 1}}$	$\frac{4}{2,1} = 2$	$\frac{11,5}{4,8} = 2,4$	$\frac{17,5}{7,3} = 2,4$
$\frac{\text{N° 4}}{\text{N° 1}}$	$\frac{7,8}{2,1} = 3,7$	$\frac{15,8}{4,8} = 3,3$	$\frac{19,3}{7,3} = 2,6$

Huitième expérience (28 *décembre* 1866).

N° 1. Eau	3000	Sucre	80
Acide tartrique	3	Nitrate d'ammoniaque	3,5
Phosphate d'ammoniaque	0,6	Carbonate de potasse	0,6
Carbonate de magnésie	0,5	Sulfate d'ammoniaque	0,3
Silicate de potasse	0,1		

Spores *d'Aspergillus*

N° 2. Comme le n° 1, + nitrate de zinc 0,1. Citrate de fer 0,1.
N° 3. Comme le n° 1, + sulfate de fer 0,1 *Acétate de zinc* 0,1.
N° 4. Comme le n° 1, + sulfate de fer 0,1. *Pas d'acétate de zinc.*
N° 5. Comme le n° 1, + nitrate de fer 0,1. *Sulfate de zinc* 0,1.
N° 6. Comme le n° 1, + nitrate de fer 0,1. *Pas de sulfate de zinc.*
N° 7. Comme le n° 1, + acétate de zinc 0,1. *Citrate de fer* 0,1.
N° 8. Comme le n° 1, + acétate de zinc 0,1. *Pas de citrate de fer.*

Récoltes successives.

	31 décembre. 1re récolte.	3 janvier. 2e récolte.	6 janvier. 3e récolte.
	gr.	gr.	gr.
N° 1	1,9	1,5	1,5
2	6,5	10,5	4
3	7,2	10	3,3
4	2,6	3,2	1,8
5	6,4	10,5	3,7
6	2	1,7	2,5
7	6,8	9,3	4,5
8	4,3	5,5	0,5

Sommes des récoltes.

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale.
N° 1	1,9	3,4	4,9
2	6,5	17	21
3	7,2	17,2	20,5
4	2,6	5,8	7,6
5	6,4	16,9	20,6
6	2	3,7	6,2
7	6,8	16,1	20,6
8	4,3	9.8	10,3

Rapports des sommes des récoltes.

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale.
$\frac{\text{N° 2}}{\text{N° 1}}$	$\frac{6,5}{1,9} = 3,4$	$\frac{17}{3,4} = 5$	$\frac{21}{4,9} = 4,3$
$\frac{\text{N° 3}}{\text{N° 4}}$	$\frac{7,2}{2,6} = 2,8$	$\frac{17,2}{5,8} = 3$	$\frac{20,5}{7,6} = 2,7$
$\frac{\text{N° 5}}{\text{N° 6}}$	$\frac{6,4}{2} = 3,2$	$\frac{16,9}{3,7} = 4,6$	$\frac{20,6}{6,2} = 3,3$
$\frac{\text{N° 7}}{\text{N° 8}}$	$\frac{6,8}{4,3} = 1.6$	$\frac{16,1}{9,8} = 1,6$	$\frac{20,6}{10,3} = 2$

Remarquons en passant les nombres des nos 1 et 2 de la huitième expérience : ils indiquent que la suppression simultanée du sel de zinc et du sel de fer d'un milieu artificiel complet, diminue les récoltes dans une proportion plus considérable que la suppression de l'un ou de l'autre de ces sels, résultat parfaitement d'accord avec l'ensemble des faits.

Mais ce qu'il faut principalement remarquer, c'est que divers sels de zinc et de fer, c'est-à-dire le sulfate, le nitrate, le lactate, l'acétate de zinc d'une part; et de l'autre le sulfate, le citrate, le nitrate, le lactate, l'oxyde de fer ont présenté dans leurs effets sur la végétation l'accord le plus satisfaisant : les rapports des récoltes avec et sans sel de zinc ont oscillé entre 2 : 1 et 4,6 : 1 ; les rapports qui représentent les effets des sels de fer sont compris entre 1,4 et 2,7.

Aussi je n'insisterais pas davantage sur cet ordre de faits, si je ne croyais utile de démontrer (et c'est là un point que les expériences qui précèdent n'ont pas éclairci) que le fer et le zinc ne peuvent se remplacer l'un l'autre dans l'acte de la végétation, contrairement à ce que la similitude de ces deux métaux pourrait faire présumer.

Neuvième expérience (3 *août* 1867).

		gr.
N° 1.	Eau, 3000 ; sucre, 80; acide tartrique, 3; nitrate d'ammoniaque, 3,5; phosphate d'ammoniaque, 0,6 ; carbonate de potasse, 0,6; carbonate de magnésie, 0,4; sulfate d'ammoniaque, 0,2; silicate de potasse, 0,1 ..... Spores d'*Aspergillus*.	Sulfate de zinc..... 0,1 Sulfate de fer..... 0,1
N° 2.	Idem.....	Sulfate de zinc..... 0,2
N° 3.	Idem.....	Sulfate de fer..... 0,2

Récoltes successives.

	6 août. 1re récolte.	9 août. 2e récolte.	12 août. 3e récolte.
	gr.	gr.	gr.
Nos 1.....	9,7	6,0	3,2
2.....	5,3	2,3	4,0
3.....	4,8	3,3	1,7

Sommes des récoltes.

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale.
	gr.	gr.	gr.
Nos 1.....	9,7	15,7	18,9
2.....	5,3	7,6	11,6
3.....	4,8	8,1	9,8

Rapports des sommes correspondantes.

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale.
$\frac{\text{N° 1}}{\text{N° 2}}$	$\frac{9,7}{5,3} = 1,8$	$\frac{15,7}{7,6} = 2,1$	$\frac{18,9}{11,6} = 1,6$
$\frac{\text{N° 1}}{\text{N° 3}}$	$\frac{9,7}{4,8} = 2,0$	$\frac{15,7}{8,1} = 1,9$	$\frac{18,9}{9,8} = 1,9$

Dixième expérience (28 *décembre* 1866).

N° 1. Eau, 3000; sucre, 80; acide tartrique, 3; nitrate d'ammoniaque, 3,5; phosphate d'ammoniaque, 0,6; carbonate de potasse, 0,6; carbonate de magnésie, 0,4; sulfate d'ammoniaque, 0,2; silicate de potasse, 0,1.. { Nitrate de zinc..... 0,1 / Citrate de fer..... 0,1
Spores d'*Aspergillus*.

N° 2. Idem..... Nitrate de zinc..... 0,2
N° 3. Idem..... Nitrate de zinc..... 0,1
N° 4. Idem..... Citrate de fer..... 0,2
N° 5. Idem..... Citrate de fer..... 0,1

Récoltes successives.

	31 décembre. 1re récolte.	3 janvier. 2e récolte.	6 janvier. 3e récolte.
	gr.	gr.	gr.
Nos 1.....	6,5	10,5	4,0
2.....	4,5	6,2	1,0
3.....	3,2	3,4	2,3
4.....	2,1	3,2	2,2
5.....	1,9	2,2	2,2

Sommes des récoltes.

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale.
Nos 1.....	6,5	17,0	21,0
2.....	4,5	10,7	11,7
3.....	3,2	6,6	8,9
4.....	2,1	5,3	7,5
5.....	1,9	4,1	6,3

Rapports des sommes des récoltes :

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale.
$\frac{\text{N° 1}}{\text{N° 2}}$.....	$\frac{6,5}{4,5} = 1,4$	$\frac{17,0}{10,7} = 1,6$	$\frac{21,0}{11,7} = 1,9$
$\frac{\text{N° 2}}{\text{N° 3}}$.....	$\frac{4,5}{3,2} = 1,4$	$\frac{10,7}{6,6} = 1,6$	$\frac{11,7}{8,9} = 1,3$
$\frac{\text{N° 1}}{\text{N° 4}}$.....	$\frac{6,5}{2,1} = 3,1$	$\frac{17,0}{5,3} = 3,2$	$\frac{21,0}{7,5} = 2,8$
$\frac{\text{N° 4}}{\text{N° 5}}$.....	$\frac{2,1}{1,9} = 1,1$	$\frac{5,3}{4,1} = 1,3$	$\frac{7,5}{6,3} = 1,2$

Résumons ces deux expériences :

Dans le milieu artificiel complet, qui contient *un sel de fer* et *un sel de zinc*, on a remplacé le sel de fer par un poids égal de sel de zinc et réciproquement : on a vu alors le poids des récoltes s'abaisser notablement (9e expérience), et presque au même degré que si l'on avait simplement supprimé l'un des deux sels (10e expérience). La seule conclusion légitime est que le fer et le zinc ont chacun dans la végétation de l'*Aspergillus* leur part d'influence propre; qu'à chacun d'eux est dévolu un rôle spécial.

Mais si le fer et le zinc ne peuvent se substituer l'un à l'autre, dans leur action sur l'*Aspergillus*, d'autres métaux ne pourraient-ils les remplacer? L'expérience seule peut répondre à cette question : il y a quelques années (voyez page 182), j'ai essayé l'action des sels de manganèse sur le développement de l'*Aspergillus;* ces sels ont produit des effets analogues à ceux des sels de fer et de zinc, mais moins constants, moins appréciables. Faut-il en conclure que les sels de manganèse ont agi par les traces de fer ou de zinc qu'ils pouvaient contenir, ou bien que le manganèse remplace le fer (ou même le zinc) physiologiquement, comme il

le remplace souvent dans les réactions chimiques? Je ne me prononcerai point à cet égard.

Il est intéressant de connaître le rapport qui existe entre le poids de fer ou le poids de zinc ajouté dans un milieu artificiel, et l'augmentation de récolte qui résulte de cette addition. En appliquant le calcul aux nombres de la quatrième expérience (page 246), je trouve que : 1 gramme de zinc suffirait à augmenter la récolte de 953 grammes ; et la cinquième expérience (page 246) conduit à ce résultat, que 1 gramme de fer fournirait un excédant de 857 grammes.

L'intervention de certains éléments chimiques *en proportions extrêmement petites*, pour former des poids de matière organisée relativement considérables, voilà assurément un fait bien remarquable dont nous avons déjà rencontré des exemples moins frappants, à propos de l'étude de l'azote, de l'acide phosphorique, de la potasse, de la magnésie, de l'acide sulfurique. J'irai plus loin : on ne saurait affirmer actuellement que le nombre 953, ni même un autre nombre, quelque grand qu'on 'imagine, représente la limite supérieure du rapport du poids du végétal au poids d'un élément chimique qui concourt à le former.

Cette influence de *quantités de matières indéfiniment petites* sur la végétation, explique pourquoi j'ai attaché une sérieuse importance au degré de pureté du milieu artificiel dans lequel se développe l'*Aspergillus* (voyez page 201).

Elle nous explique également pourquoi cette Mucédinée acquiert un certain développement dans un milieu où l'on a supprimé l'élément azoté, ou l'acide phosphorique, ou le fer, ou le zinc, etc. : ce n'est pas que ces éléments soient pour le végétal des *excitants* utiles dont il peut à la rigueur se passer ; tous au contraire sont indispensables, même le zinc, même le fer ; mais ceux qu'on a cru supprimer existent, en même temps que les autres, parmi les impuretés du milieu ; telle est, du moins à mon avis, l'interprétation la plus naturelle des faits.

Les résultats qui précèdent sur l'action des sels de zinc et de

fer sur la végétation de l'*Aspergillus* sont entièrement nouveaux; je vais les formuler par quelques propositions générales :

1° Il suffit de supprimer du *milieu type* indiqué page 224, l'*oxyde de zinc* ou l'*oxyde de fer*, pour voir le poids des récoltes s'abaisser sensiblement;

2° L'action de ces oxydes sur la végétation se manifeste également quel que soit l'acide auxquel ils sont combinés;

3° Ils ne peuvent se substituer l'un à l'autre;

4° Les rapports des récoltes obtenues avec et sans ces oxydes ont varié dans mes expériences entre les limites suivantes : Pour l'*oxyde de zinc :* rapport minimum 2; rapport maximum 4,6. Pour l'*oxyde de fer*: rapport minimum 1,4; rapport maximum 2,7.

2° Le rapport d'un certain poids de matière organisée au poids de zinc ou de fer qui a contribué à le former, a atteint, au maximum, les nombres suivants :

Pour le zinc.....	953.
Pour le fer.....	857.

Influence favorable d'autres éléments minéraux sur le développement de l'Aspergillus. — Les substances que nous avons examinées jusqu'ici sont certainement utiles, probablement nécessaires, à la végétation de l'*Aspergillus*. Sont-elles suffisantes? Ou bien d'autres éléments ajoutés aux premiers ne pourraient-ils pas accroître encore le poids des récoltes? Telle est la question qui trouve naturellement ici sa place :

Première expérience (12 *novembre* 1865).

N° 1	Eau.....	3000	Carbonate de potasse.....		0,5
	Sucre.....	80	Carbonate de magnésie.....		0,4
	Acide tartrique.....	2	Sulfate d'amm.....		0,2
	Nitrate d'ammoniaq...	3	Citrate de fer.....		0,1
	Phosphate d'amm....	0,5	Sulfate de zinc.....		0,1

Spores d'Aspergillus.

N° 2. Comme le n° 1, + { cendres de bois, 2. / acide tartrique, 4.

N° 3. Comme le n° 1, + { terre cuite pulvérisée, 2. / cendres de bois, 1 / acide tartrique, 2

Récoltes successives.

	15 nov. 1re récolte.	18 nov. 2e récolte.	21 novembre. 3e récolte.	24 novembre. 4e récolte.	28 novembre. 5e récolte.
Nos 1..	5,5	5,8	3,5	1,6	1,2
2..	6,8	7,5	5,0	2,9	1,5
3..	4,9	8,6	5,8	3,8	2,7

Sommes des récoltes.

	1re réc.	1re et 2e réc.	1re 2e 3e récoltes.	1re 2e 3e 4e récoltes.	Récolte totale.
Nos 1..	5,5	11,3	14,8	16,4	17,6
2..	6,8	14,3	19,3	22,2	23,7
3..	4,9	13,5	19,3	23,1	25,8

Rapports des sommes des récoltes.

	1re récolte.	Les 2 premières récoltes.	Les 3 premières récoltes.	Les 4 premières récoltes.	Récolte totale.
$\frac{\text{N° 2}}{\text{N° 1}}$	»	$\frac{14,3}{11,3} = 1,3$	$\frac{19,3}{14,8} = 1,3$	$\frac{22,2}{16,4} = 1,4$	$\frac{23,7}{17,6} = 1,3$
$\frac{\text{N° 3}}{\text{N° 1}}$	»	$\frac{13,5}{11,3} = 1,2$	$\frac{19,3}{14,8} = 1,3$	$\frac{23,1}{16,4} = 1,4$	$\frac{25,8}{17,6} = 1,4$

Deuxième expérience (6 *novembre* 1865).

Nos 1. Comme le n° 1 de la première expérience.

2. Comme le n° 1, + terre cuite pulvérisée, 2 gr.

3. Comme le n° 1, + { terre cuite, 1 gramme. / cendres de bois, 1 gramme. / acide tartrique, 1 gramme.

4. Comme le n° 1, + { terre cuite, 1 gr. / cendres, 0,5 / acide tartrique, 1 gr.

5. Comme le n° 1, + { terre végétale..... 2 gr. / acide tartrique..... 2

Récoltes successives.

	9 novembre. 1re récolte.	12 novembre. 2e récolte.	15 novembre. 3e récolte.	18 novembre. 4e récolte.
	gr.	gr.	gr.	gr.
Nos 1..	9,2	3,6	2,4	1,0
2..	8,9	6,1	4,2	2,5
3..	9,5	6,7	4,3	2,8
4..	9,8	6,5	4,7	2,5
5..	8,3	5,7	3,8	2,5

Récolte totale.	Rapports des récoltes totales.
N°s 1..... 16,2	$\frac{\text{N° 2}}{\text{N° 1}} \cdots \frac{21,7}{16,2} = 1,\ 4$
2..... 21,7	$\frac{\text{N° 3}}{\text{N° 1}} \cdots \frac{23,3}{16,2} = 1,\ 4$
3. ... 23,3	$\frac{\text{N° 4}}{\text{N° 1}} \cdots \frac{23,5}{16,2} = 1,\ 5$
4..... 23,5	$\frac{\text{N° 5}}{\text{N° 1}} \cdots \frac{20,3}{16,2} = 1,\ 3$
5... . 20,3	

Les récoltes ont donc été un peu plus fortes dans tous les essais avec addition de *matières minérales complexes* (terre cuite, cendres, terre végétale), que dans les autres essais, et les rapports des récoltes, avec et sans matières additionnelles, ont varié entre 1,2 et 1,5. Mais cet excédant de récoltes ne peut-il pas être attribué à l'action des substances précédemment étudiées (acide phosphorique, potasse, etc.), que renferment naturellement ces matières minérales complexes? Une expérience va lever cette objection :

Troisième expérience (26 *juin* 1865).

N° 1. Comme le n° 1 de la première expérience.

+	Phosphate d'ammoniaque.....	0,3	Sulfate de zinc.....	0,05
	Carbonate de potasse.....	0,3	Sulfate de fer.....	0,05
	Sulfate d'ammoniaque.....	0,1	Acide tartrique.....	2,00
	Carbonate de magnésie.....	0,2		

N° 2. Comme le n° 1 de la première expérience.

+	Terre cuite pulvérisée.....	1 gr.
	Cendres de bois.....	1
	Acide tartrique, 2 grammes.....	2

	Récoltes successives.			
	29 juin. 1re récolte.	2 juillet. 2e récolte.	5 juillet. 3e récolte.	8 juillet. 4e récolte.
	gr.	gr.	gr.	gr.
N° 1.....	6	4,8	3,1	2,3
N° 2.....	8	6,8	5,3	4

Récolte totale.	Rapports des récoltes totales.
N° 1.... 16,2	$\frac{\text{N° 2}}{\text{N° 1}} \cdots \frac{24,1}{16,2} = 1,5$
N° 2.... 24.1	

Le n° 2 ne contient pas les éléments déjà étudiés, acide

phosphorique, potasse, etc., en plus grande proportion que le n° 1 : l'excédant de récolte du n° 2 sur le n° 1 ne peut donc être attribué qu'à l'influence de nouveaux éléments minéraux.

Mais cette influence ressort-elle évidemment des nombres obtenus? Les excès de récoltes correspondant aux essais qui ont reçu les matières supplémentaires ne sont-ils pas assez faibles pour rentrer dans les limites d'erreurs du procédé? Je ne le pense pas : car j'ai établi, dans l'exposé de la méthode (page 197), que des essais types convenablement préparés, et placés dans les mêmes circonstances, fournissent des récoltes dont les rapports sont compris entre 1 et 1,05. Or, les rapports observés dans les trois dernières expériences sortent de ces limites, puisqu'ils sont compris entre les nombres 1,2 et 1,5. Ces nombres révèlent donc un effet certain de la part des *substances additionnelles*, seule circonstance par laquelle différaient entre eux les essais des expériences que je viens de rapporter.

Influence de la silice sur le développement de l'Aspergillus. — Nous sommes naturellement conduits à rechercher à quels oxydes minéraux se rapportent les effets observés :

Première expérience (*4 mai* 1868).

		gr.
N° 1.	Eau, 500; sucre, 26,6; acide tartrique, 1,6; nitrate d'ammoniaque, 1,15; phosphate d'ammoniaque, 0,2; carbonate de potasse, 0,2; carbonate de magnésie, 0,2; sulfate d'ammoniaque, 0,053; sulfate de zinc, 0,033; sulfate de fer, 0,033. Spores d'*Aspergillus*.	Silicate de potasse..... 0,033
N° 2.	Idem.....	Carbonate de potasse... gr. 0,033

	Récoltes.		
	7 mai. 1re récolte.	10 mai. 2e récolte.	Récolte totale.
	gr.	gr.	gr.
Nos 1.....	4,9	2,5	7,4
2.....	4,0	2,1	6,1

Rapports des récoltes.

	1re récolte.	Récolte totale.
$\frac{\text{N° 1}}{\text{N° 2}}$	$\frac{4,9}{4,0} = 1,2$	$\frac{7,4}{6,1} = 1,2$

Deuxième expérience (20 *juin* 1868).

		gr.
N° 1. Eau, 1000; sucre, 53; acide tartrique, 3,2; nitrate d'ammoniaque, 2,3; phosphate d'ammoniaque, 0,4; carbonate de potasse, 0,4; carbonate de magnésie, 0,3; sulfate d'ammoniaque, 0,15; sulfate de zinc, 0,066; sulfate de fer, 0,066. Spores d'*Aspergillus*.	Silicate de potasse.....	0,066
N° 2. Idem	Carbonate de potasse.	0,066

Récolte.

	23 juin.	Rapport des deux récoltes.
	gr.	
Nos 1.....	14,1	$\frac{\text{N° 1}}{\text{N° 2}} \cdot\cdot \frac{14,1}{10,2} = 1,4$
2.....	10,2	

Troisième expérience (30 *juin* 1868).

		gr.
Nos 1. Eau, 1000; sucre, 53; azote et matières minérales.....	*Silicate de potasse*...	0,066
2. Idem.....	*Silicate de potasse*...	0,066
3. Idem. Le silicate est remplacé par :	*Carbonate de potasse.*	0,066

Récoltes.

	3 juillet. 1re récolte.	6 juillet. 2e récolte.	Récolte totale.
	gr.	gr.	gr.
Nos 1.....	14,2	5,3	19,5
2. ...	15,0	5,5	20,5
3.....	12,0	3,7	15,7

Rapports des récoltes.

	1re récolte.	Récolte totale.
$\frac{\text{N° 1}}{\text{N° 3}}$	$\frac{14,2}{12,0} = 1,2$	$\frac{19,5}{15,7} = 1,24$
$\frac{\text{N° 2}}{\text{N° 3}}$	$\frac{15,0}{12,0} = 1,2$	$\frac{20,5}{15,7} = 1,3$

La *silice* du *silicate* de potasse a donc produit des effets me-

surés par des rapports supérieurs à 1,2. Pour vérifier ces résultats, et pour m'assurer que l'efficacité du silicate est indépendante de la base à laquelle la silice est combinée, j'ai remplacé le sel de potasse par le sel de soude, et j'ai obtenu des résultats presque identiques, comme on peut en juger par l'expérience suivante :

Quatrième expérience (31 *octobre* 1868).

		gr.
N^{os} 1.	Eau, 1500 ; sucre, 70 ; acide tartrique ; azote et matières minérales, en proportions convenables.	Silicate de potasse..... 0,07
2.	Idem.....	Carbonate de potasse..... 0,07
3.	Idem.....	Silicate de soude..... 0,07
4.	Idem.....	Carbonate de soude..... 0,07

Récolte totale en six jours.		Rapports des récoltes.	
	gr.		
N^{os} 1.....	24,0	$\frac{\text{N° 1}}{\text{N° 2}}$	$\frac{24,0}{20,0} = 1,2$
2.....	20,0		
3.....	24,0	$\frac{\text{N° 3}}{\text{N° 4}}$	$\frac{24,0}{19,5} = 1,23$
4.....	19,5		

Tous les rapports qui mesurent les effets de la silice sur la végétation sont voisins de l'unité, mais néanmoins supérieurs à 1,2 ; ils sont donc concluants au même titre que les nombres des expériences des pages 254, 255 et 256 ; la remarque de la page 257 s'applique ici sans restriction.

La troisième expérience nous a donné un excédant de récolte de 4^{gr},8 pour une addition de silicate de potasse de 0^{gr},066 contenant 0^{gr},015 de silicium : le rapport de l'excédant de récolte au silicium est $\frac{4,8}{0,015} = 320$. Ce rapport est considérable ; à cet égard, il se rapproche des nombres correspondants relatifs au potassium, au phosphore, etc., etc.

1° En résumé, la silice est utile à la végétation de l'*Aspergillus*, car si on la supprime du milieu type, la récolte diminue sensiblement.

2° Le rapport des récoltes avec et sans silice a varié entre les nombres 1,2 et 1,4.

3° Le rapport de l'excédant de récolte obtenu par addition de silice au silicium de cet oxyde est considérable ; il s'est élevé jusqu'au nombre 320.

Nous pouvons à présent poser la loi générale relative à l'intervention des substances du *milieu type* dans l'organisation de la matière :

L'*Aspergillus* se développe avec vigueur dans un milieu formé de la réunion, en proportions convenables, de 12 substances chimiques de composition définie ; le concours simultané de toutes ces substances est essentiel, car il suffit d'en supprimer une seule à la fois pour voir la récolte s'abaisser dans un rapport différent de l'unité et variable d'une substance à l'autre ; les quantités de chaque corps simple qui interviennent pour former un même poids de végétal varient selon la nature du corps simple, depuis des nombres de même ordre de grandeur que le poids du végétal jusqu'à des fractions de ce poids extrêmement petites.

Existe-t-il des éléments autres que ceux qui constituent le milieu type, capables de rendre plus vigoureuse la végétation de l'Aspergillus? — Demandons-nous maintenant si le milieu formé de la réunion de ces douze éléments, *supposés purs*, est la réalisation la plus parfaite d'un sol fertile. En d'autres termes, n'existe-t-il pas encore d'autres éléments capables d'augmenter le poids des récoltes, soit qu'on les ajoute aux premiers, soit qu'on les substitue à eux? Dans cette hypothèse, à quel genre de progrès serait subordonnée la découverte de ces nouvelles substances ? Telles sont les questions auxquelles je vais essayer de répondre par induction.

Les essais types, dans les meilleures conditions, ont fourni, pour 80 grammes de matières nutritives, environ 25 grammes de plante à l'état sec. Or, si en modifiant le milieu artificiel, nous parvenions à accroître notablement ce poids de 25 grammes, ce simple fait nous révélerait l'efficacité de nouveaux éléments.

1° Pour atteindre ce but, nous pourrions suivre la voie que nous nous sommes déjà tracée : ajouter au milieu type des matières minérales complexes, telles que cendres, terre cuite pul-

vérisée, etc., et chercher si cette modification augmente le poids des récoltes. Or, nous avons vu ces matières complexes, introduites dans un milieu artificiel, accroître le poids des récoltes suivant des rapports compris entre 1,2 et 1,5 (page 257) ; le silicate de potasse ajouté dans le même milieu a fourni des rapports compris entre 1,2 et 1,4. Les effets numériques ont donc été sensiblement les mêmes de part et d'autre ; les cendres, la terre cuite, etc., n'ont probablement agi que par leur silice, et ne fourniraient plus dans le milieu complet que des accroissements de récoltes insignifiants.

2° Des substances convenablement choisies ne se montreraient-elles pas plus efficaces que les cendres et les autres matières minérales complexes essayées jusqu'ici? La quatrième expérience de la page 258 va nous éclairer sur ce point.

Le n° 1, après avoir donné 24 grammes de récolte, contenait encore 5 grammes de sucre ; or, en admettant que les 70 grammes de sucre et même les 4 grammes d'acide tartrique de cet essai disparaissent au profit de la plante, on arrive par le calcul à une récolte maximum de $27^{gr},3$ qui ne saurait être dépassée dans la pratique. Le rapport du poids théorique au poids obtenu est donc $\frac{27,3}{24} = 1,1$. Ce rapport représente la limite des effets que l'on pourrait atteindre par l'addition de substances quelconques au milieu type : de ce côté, un progrès sérieux est donc encore irréalisable.

3° Ne peut-on pas espérer atteindre à des rendements plus élevés, en substituant aux composés du *milieu artificiel* indiqué précédemment, d'autres composés mieux appropriés aux besoins de l'*Aspergillus?* A cet égard, les substances chimiques qui se rapprochent le plus des combinaisons d'origine organique ne présentent-elles pas des chances de succès? L'expérience ne s'est pas montrée favorable à cette vue, car l'*Aspergillus* s'est moins bien développé dans des milieux naturels que dans notre milieu artificiel.

Expérience (20 *octobre* 1868).

Nos 1. ... Milieu artificiel de la page 201 (80 grammes de matières solides pour 1500 d'eau)

2... . Eau de levûre de bière avec acide tartrique (80 grammes de matières solides pour 1500 d'eau).

3..... Urine avec acide tartrique (80 grammes de matières solides pour 1500 d'eau).

4..... Infusion de *noix de galle* avec acide tartrique (80 grammes de matières solides pour 1500 d'eau).

	Récoltes.		
	23 octobre. 1re récolte.	26 octobre. 2e récolte.	Récolte totale.
	gr.	gr.	gr.
Nos 1.....	17,1	8,2	25,3
2.....	7	8	15
3.....	6	0,8	6,8
4.....	1,4	0,4	1,8

Rapports des récoltes totales.

$$\frac{\text{N° 1}}{\text{N° 2}} \ldots\ldots\ldots\ldots \frac{25,3}{15} = 1,7$$

$$\frac{\text{N° 1}}{\text{N° 3}} \ldots\ldots\ldots\ldots \frac{25,3}{6,8} = 3,7$$

$$\frac{\text{N° 1}}{\text{N° 4}} \ldots\ldots\ldots\ldots \frac{25,3}{1,8} = 14$$

On sera sans doute surpris de voir un mélange artificiel formé des combinaisons qui s'écartent le plus par leur formule des composés organiques, se montrer plus apte à l'assimilation que des liquides naturels extraits de la substance même des êtres organisés. Ce résultat, fort remarquable d'ailleurs, n'est pourtant pas en contradiction avec les faits connus : car admettre que les composés les plus semblables par leur forme à la substance des végétaux sont les plus assimilables, c'est une hypothèse gratuite qui ne repose sur aucune loi expérimentale. D'autre part, on comprend qu'un milieu artificiel dont chaque élément a été convenablement choisi, soit mieux approprié aux besoins d'un végétal qu'un milieu naturel formé d'éléments rassemblés au hasard.

4° Si nous avons atteint à peu près le poids maximum de récolte que peut fournir dans un temps donné un certain poids de matières, est-ce à dire que les éléments chimiques dont l'efficacité

a été reconnue jusqu'ici forment la liste complète des éléments essentiels à l'*Aspergillus?* Je ne le pense pas; car les substances dont se compose le milieu type ne sont pas d'une pureté absolue. Or, admettons qu'un élément essentiel à la végétation se trouve parmi les impuretés du milieu en proportion extrêmement petite; il résulte des considérations exposées à la page 253, que cette proportion, si minime qu'elle soit, suffit peut-être à la formation de 25 grammes de plante : dès lors l'influence de cet élément a dû nécessairement nous échapper. Mais si l'on purifiait davantage le milieu type, l'élément que je considère venant à manquer, la récolte pourrait s'abaisser au-dessous de 25 grammes. Si un pareil résultat se produisait, il nous mettrait sur la trace de nouveaux éléments essentiels à l'*Aspergillus*. C'est par suite d'un perfectionnement de ce genre que l'influence du fer et du zinc s'est manifestée.

En résumé, le poids de récolte que nous obtenons dans les essais types est peu inférieur au poids maximum qu'il est possible d'atteindre; et le milieu artificiel de ces essais est mieux approprié au développement de l'*Aspergillus* que les milieux naturels.

Outre les éléments dont nous avons constaté l'efficacité sur la végétation de cette Mucédinée, *peut-être* en existe-t-il encore d'autres non moins essentiels; mais la découverte de ces éléments est subordonnée à la possibilité de purifier le milieu qui a servi jusqu'ici aux expériences.

Discussion générale des résultats précédents. — L'intérêt qui s'attache à la connaissance exacte du *milieu artificiel* approprié à la végétation, m'engage à revenir encore sur les expériences précédentes, afin d'en préciser le sens, et d'en déduire la marche générale à suivre pour étudier à fond l'influence d'un élément essentiel à la végétation :

1° Les *oxydes* du milieu type ont été ordinairement employés sous la forme de *sels*. Pour constater l'utilité d'*un sel* pour le développement de l'*Aspergillus*, il suffit de faire végéter cette Mucédinée dans deux milieux : l'un contient le sel en question avec

tous les autres éléments essentiels, dans l'autre le sel seul est supprimé; on prend ensuite le rapport du poids de la première récolte au poids de la seconde,

Si ce rapport est > 1; s'il surpasse l'unité d'une quantité supérieure à l'*erreur relative* du procédé; enfin, si ce résultat a été obtenu un certain nombre de fois, on est simplement en droit de conclure que : *le sel dont il s'agit, ajouté à un milieu convenablement choisi, a la propriété d'accroître dans un certain rapport le poids des récoltes.*

Si l'on se reporte aux expériences faites en vue de démontrer l'action du sulfate de zinc sur l'*Aspergillus*, par exemple (page 245), on reconnaîtra que j'ai appliqué rigoureusement ce principe.

2° Il importe de savoir si l'effet produit par le sel est dû à l'acide ou à la base.

Pour trancher cette question, ou, en d'autres termes, pour établir que l'effet d'un oxyde (acide ou alcalin) *sur le développement du végétal est un effet propre, indépendant de la nature de la base ou de l'acide combiné avec lui*, il faut essayer tour à tour l'action des différents sels de cet oxyde : tous doivent donner des résultats numériques comparables à ceux qu'a fournis le sel primitif.

C'est dans ce but qu'après avoir constaté l'efficacité du sulfate de zinc sur les progrès de la végétation, j'ai répété les premières expériences d'une part avec un autre sulfate, et de l'autre avec d'autres sels de zinc : azotate, lactate, etc. (pages 246 et suiv.).

3° Lorsqu'on a acquis la certitude qu'un *oxyde* est efficace sur la végétation, indépendamment des substances auxquelles il est combiné, il est intéressant de le remplacer par d'autres *oxydes analogues*, afin de décider : *si les effets observés sont communs à une classe de composés semblables par leur formule, ou bien s'ils sont la propriété exclusive des composés d'un seul radical.*

Par exemple, l'oxyde de fer, chimiquement analogue à l'oxyde de zinc, n'a pu le remplacer dans son action physiologique; j'ai dû en conclure que, probablement, l'efficacité des sels de zinc

dans les phénomènes de la vie appartient en propre aux seuls composés de ce métal.

4° Admettons que l'oxyde d'un radical se soit montré efficace à l'exclusion de tous les autres oxydes qu'on lui a substitués, il importe encore de le remplacer par d'autres composés du même radical, afin de déterminer : *quels sont, parmi tous les composés d'un même corps simple, ceux qui sont aptes à l'assimilation, et ceux qui ne le sont pas.*

Ainsi j'ai constaté que l'ammoniaque et l'acide azotique fournissent à l'*Aspergillus* l'azote nécessaire à sa constitution, tandis que l'acide nitreux, le cyanogène, paraissent dépourvus de cette propriété.

5° Par cet ensemble de recherches on parvient à établir que certains composés d'un même corps simple, ajoutés à un milieu convenablement choisi, augmentent le poids des récoltes du végétal, à l'exclusion de tous les autres composés de la chimie : dès lors il est manifeste que ce *corps simple* joue dans la formation de ce végétal un rôle important ; mais quel est ce rôle ? c'est là un sujet très-délicat qui exige des recherches spéciales pour chaque élément simple du *milieu type artificiel*.

Cette suite d'expériences a encore un autre but : j'ai posé en principe que certains éléments chimiques interviennent *nécessairement* dans la formation d'un végétal en proportions extrêmement minimes ; or l'accroissement de récoltes que nous attribuons à l'action d'un certain sel, peut fort bien résulter de l'action d'un autre élément qui fait partie des impuretés de ce sel. Par exemple, des traces d'alumine mêlées au *sulfate de zinc* n'expliqueraient-elles pas les effets de ce sel? Cette objection perd de sa force à mesure que l'on vérifie par des essais plus nombreux les résultats obtenus avec un sel particulier. Si différents composés d'un même radical fournissent des résultats concordants, on n'a plus guère à redouter l'influence d'un corps étranger, dont les proportions et par suite les effets devraient varier beaucoup d'un composé à un autre. Si, de plus, les composés des autres corps simples, substitués à celui dont on

étudie l'influence, demeurent inactifs, l'efficacité propre de ce corps simple devient incontestable.

On m'objectera sans doute, et avec raison, que je n'ai pas suivi à la lettre le plan que je viens de tracer, pour chacun des éléments du *milieu artificiel*. Je répondrai que je ne prétends pas avoir épuisé toutes les questions relatives à l'étude physiologique de ce milieu : que d'ailleurs toutes les expériences que j'ai énumérées ne sont pas nécessaires au même degré pour les divers éléments essentiels à la végétation : en général, les vérifications qui se rapportent à l'influence d'un élément doivent être d'autant plus nombreuses, que cet élément intervient en proportion plus faible pour produire un même effet, qu'il manifeste son influence moins nettement, qu'enfin il donne des résultats plus inattendus.

C'est ainsi que quelques expériences suffisaient pour établir l'utilité de l'élément phosphoré dans la végétation de l'*Aspergillus*, tandis que le fait de l'intervention des sels de zinc dans les phénomènes de la vie devait s'appuyer sur de nombreuses vérifications. Si les résultats très-nets auxquels je suis parvenu sur les sels de zinc ne peuvent guère s'expliquer par la présence de substances étrangères mêlées à ces sels, il reste des doutes sérieux à cet égard relativement à la silice dont les effets ont été faibles. Aussi je ne regarde pas comme définitives les expériences que j'ai faites jusqu'ici sur l'influence de la silice, bien que les effets des silicates dont je me suis servi soient incontestables.

Expériences de vérification. — Le procédé employé pour l'étude du *milieu artificiel* propre à la végétation de l'*Aspergillus*, peut recevoir une modification très-simple qui permet aux résultats de se présenter sous une forme plus saisissante :

On met à l'étuve deux essais identiques contenant chacun le milieu complet, moins un seul élément ; lorsqu'on a obtenu deux ou trois récoltes dans chacun d'eux, alors on ajoute dans l'un des deux essais seulement l'élément qui manque, et l'on continue à

récolter. Nous pouvons prévoir facilement les résultats des expériences ainsi disposées :

1° Les récoltes correspondantes des deux essais seront d'abord à peu près égales et faibles. Mais, à partir du moment où l'un des deux essais recevra l'élément complémentaire, les récoltes de ce dernier, s'élevant tout à coup, deviendront très-supérieures, et aux récoltes précédentes du même milieu, et aux récoltes de même ordre du milieu qui est resté incomplet. De cette double comparaison, de ce changement subit dans la valeur des nombres, résultera jusqu'à l'évidence l'efficacité de l'élément complémentaire.

2° Dans les expériences qui précèdent, on ajoutait dès l'origine de la végétation la substance complémentaire dans l'un des vases, et le rapport $\frac{P}{P'}$ des récoltes totales avec et sans cet élément, en mesurait l'efficacité. Ici au contraire l'addition de cette substance n'a lieu qu'après avoir enlevé dans chaque vase un certain poids de Mucédinée p. Le rapport $\frac{P-p}{P'-p}$ des récoltes obtenues à partir de ce moment, mesurera l'effet de cette substance. Or si $\frac{P}{P'}$ est > 1, on voit facilement que $\frac{P-p}{P'-p}$ est $> \frac{P}{P'}$, c'est-à-dire : *que la modification du procédé que je propose aura pour résultat d'accroître les rapports qui servent de mesure aux effets des éléments du milieu artificiel.*

Je vais recourir à l'expérience pour voir si elle confirmera ces prévisions :

Expérience sur l'influence du sulfate d'ammoniaque (17 *mai* 1863).

N° 1.	Eau	3000	Sucre	65
	Acide tartrique	1,5	Nitrate d'ammoniaque	3
	Phosphate d'ammoniaque.	0,5	Carbonate de potasse	0,5
	Carbonate de magnésie	0,2	Sels complexes	0,5

Spores d'*Aspergillus*.

Pas de sulfates.

N° 2. Identique au n° 1.

	N° 1.	N° 2.
	gr.	gr.
20 mai, 1re récolte.....	0,2	0,3
26 mai, 2e récolte.....	0,5	0,6
4 juin, 3e récolte.....	0,9	0,5
4 juin, le n° 1 reçoit 0gr,2 de *sulfate d'ammoniaque.*		
13 juin, 4e récolte.....	12,0	0,5

Rapport des deux dernières récoltes :

$$\frac{\text{N° 1}}{\text{N° 2}} \cdots\cdots \frac{12,0}{0,5} = 24.$$

L'efficacité de l'acide sulfurique ressort avec évidence du rapprochement de ces nombres, et le rapport 24 qui la mesure est très-supérieur au rapport maximum 15,4 obtenu par le procédé primitif (page 236).

Expérience sur l'insuffisance du phosphore, du potassium, du magnésium et du soufre comme éléments minéraux (16 *juin* 1863).

N° 1.....	Eau.....	3000	Sucre.....		80
	Nitrate d'amm.....	3	Acide tartrique.....		2
	Phosphate d'amm...	0,5	Carbonate de potasse.....		0,5
	Carb. de magnésie...	0,3	Sulfate d'ammoniaque.....		0,2
N° 2.....	Identique au n° 1.				

	N° 1	N° 2
	gr.	gr.
19 juin, 1re récolte.....	1,7	1,8
22 juin, 2e récolte.....	1,7	1,7
25 juin, 3e récolte.....	0,6	0,8
25 juin : on ajoute dans le n° 1 :		
	gr.	
Terre cuite.....	1	
Porcelaine pilée.....	1	
Carbonate de soude.....	0,1	
— de manganèse..	0,1	
— de chaux.....	0,1	
Citrate de fer.....	0,1	
28 juin, 4e récolte.....	8,4	0,8

Rapport des deux dernières récoltes : $\frac{\text{N° 1}}{\text{N° 2}} \cdots\cdots \frac{8,4}{0,8} = 10,5$

L'utilité des substances ajoutées le 25 juin s'est donc mani-

festée par un rapport égal à 10,5, alors que dans les expériences primitives (page 241), elle était mesurée au maximum par le nombre 5.

Expérience sur le sulfate de zinc (23 *juin* 1867).

		gr.		gr.
N° 1.....	Eau.....	3000	Sucre.....	80
	Acide tartrique....	3	Nitrate d'ammoniaque.....	3,5
	Phosphate d'amm..	0,5	Carbonate de potasse.....	0,5
	Carb. de magnésie...	0,3	Sulfate d'ammoniaque.....	0,2
	Sulfate de fer.....	0,1	Silicate de potasse.....	0,1

Spores.

N° 2..... Comme le n° 1.

	N° 1.	N° 2.
	gr.	gr.
26 juin, 1re récolte.....	2,6	2,7
29 juin, 2e récolte.....	1,7	2
2 juillet, 3e récolte.....	1,5	1,3
5 juillet, 4e récolte.....	1,0	1,3
5 juillet, *addition de* 0gr,1 *de sulfate de zinc dans le n° 1*		
10 juillet, 5e récolte.....	1,0	1,0

Rapport des deux dernières récoltes.

$$\frac{\text{N° 1}}{\text{N° 2}} \cdots\cdots \frac{10}{1} = 10$$

Autre expérience sur les sels de zinc (21 *juillet* 1867).

N° 1. Comme le n° 1 de l'expérience précédente.

N° 2. Idem.

N° 3. Idem.

	N° 1.	N° 2.	N° 3.
	gr.	gr.	gr.
24 juillet, 1re récolte.....	2,5	2,9	3,0
27 juillet, 2e récolte.....	1,7	1,0	1,6
Le 27 juillet, on ajoute :			
Dans le n° 1 : 0,1 de chlorure de zinc,			
Dans le n° 2 : 0,1 d'oxyde de zinc.			
30 juillet, 3e récolte.....	8,2	7,7	1,1

Rapports des récoltes du 30 juillet.

$$\frac{\text{N° 1}}{\text{N° 3}} \cdots\cdots \frac{8,2}{1,1} = 7,5 \qquad \frac{\text{N° 2}}{\text{N° 3}} \cdots\cdots \frac{7,7}{1,1} = 7$$

Ces deux dernières expériences confirment encore nos prévi-

sions : elles ne laissent aucun doute sur les bons effets des sels de zinc; elles conduisent à des rapports dont le plus petit représenté par 7 : 1 est supérieur au rapport maximum 4,6 : 1 des expériences des pages 244 et suivantes.

Appliquons encore le procédé modifié à l'action des sels de fer : il serait intéressant de pouvoir amplifier les effets de ces sels par cela même qu'ils ont été assez faibles.

Première expérience (23 *juin* 1867).

N° 1....	Eau.....	3000	Sucre.....	80
	Acide tartrique.....	3	Nitrate d'amm.....	3,5
	Phosphate d'amm.....	0,5	Carbonate de potasse.....	0,5
	Carbonate de magnésie.	0,3	Sulfate d'amm.....	,2
	Sulfate de zinc.....	0,1	Silicate de potasse.....	0,1

Spores *d'Aspergillus.*

Pas de sel de fer.

N° 2..... Comme le n° 1.

	N° 1.	N° 2.
26 juin. 1re récolte.....	3,5	2,5
29 juin. 2e récolte.....	3,8	4,2
2 juillet. 3e récolte.....	4	3
5 juillet. 4e récolte.....	1,2	1,5
5 juillet. *Addition de* 0gr,1 *de sesquioxyde de fer dans le n°* 1.		
10 juillet. 5e récolte.....	trop faible pour être récolté.	0,5

Rapport des deux dernières récoltes : $\frac{\text{N° 1}}{\text{N° 2}}$ plus petit que l'unité.

Deuxième expérience (3 *août* 1867).

N° 1..... Identique au n° 1 de la première expérience. Pas de sel de fer.
2..... Idem.
3..... Idem.
4..... Idem.

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.
	gr.	gr.	gr.	gr
6 août, première récolte.....	3,5	2 7	5,3	6,3
9 août, deuxième récolte.....	3,1	2,5	2,3	1,7
9 août, on ajoute :				
0gr,1 de lactate de fer dans le n° 1.				
0gr,1 de sulfate de fer dans le n° 2.				
0gr,1 de chlorure de fer dans le n° 3.				
12 août, 3e récolte :	2,2	poids inappréciable	4	poids inappr.

Rapports des récoltes du 12 août.

$\frac{N^o\ 1}{N^o\ 4}$... Supérieur à l'unité.

$\frac{N^o\ 3}{N^o\ 4}$... Idem.

$\frac{N^o\ 2}{N^o\ 4}$... Ne surpasse pas l'unité

Troisième expérience (14 *août* 1867).

N° 1..... Identique au n° 1 de la première expérience. Pas de sel de fer.
2..... Idem.
3..... Idem.

	N° 1	N° 2	N° 3
	—	—	—
17 août, 1re récolte.....	5	4,1	4,2
17 août : *on ajoute* 0gr,1 *de sulfate de fer dans le n° 1.*			
20 août, 2e récolte.....	5	3,4	3,2
20 août : *on ajoute* 0gr,1 *de sulfate de fer dans le n° 2.*			
20 août, 3e récolte.....	3,7	2,2	2,0

Rapports des récoltes obtenues après addition du sel de fer.

$\frac{N^o\ 1}{N^o\ 3}$..... $\frac{5 + 3,7}{3,2 + 2} = \frac{8,7}{5,2} = 1,7$

$\frac{N^o\ 2}{N^o\ 4}$..... $\frac{2,2}{2} = 1,1$

L'application du procédé modifié aux sels de fer a trompé nos prévisions :

Le poids des récoltes devait s'élever subitement après l'addition du sel de fer ; il n'en a rien été.

Les poids de récoltes des essais qui ont reçu le sel de fer devaient être, après cette addition, supérieurs aux poids de même ordre fournis par les milieux incomplets ; il n'en a pas toujours été ainsi.

Le rapport des poids des récoltes avec et sans sel de fer devait être plus grand que les nombres obtenus par le procédé ordinaire ; or presque toujours il a été moindre (voir page 250).

A cette différence entre les résultats relatifs au soufre, au zinc, etc., et les résultats singuliers qui se rapportent aux sels

de fer, correspond *certainement* une différence bien tranchée dans le rôle physiologique de ces corps simples.

Il serait prématuré de vouloir préciser le rôle tout spécial du fer dans le développement de l'*Aspergillus*; cependant nous pouvons tirer des résultats qui précèdent quelques inductions :

En ajoutant un sel de fer dans un milieu après plusieurs récoltes, j'ai complété ce milieu, et pourtant la végétation, après comme avant cette addition, est restée languissante. Si donc ce milieu est devenu impropre à une végétation vigoureuse, ce n'est pas qu'un élément essentiel y manque, c'est que par le fait même du développement de l'*Aspergillus* en l'absence des sels de fer, il a dû se former une substance vénéneuse pour la Mucédinée, substance que les sels de fer empêchent de se produire, mais ne peuvent détruire.

Cette interprétation des faits est d'accord avec ce que j'ai observé sur les fructifications de l'*Aspergillus* : en l'absence des sels de fer, elles se forment de plus en plus péniblement à mesure que le milieu d'où elles naissent a déjà produit un plus grand nombre de récoltes ; cette particularité ne s'observe pas dans un milieu où manque un élément essentiel autre que le fer.

D'ailleurs, on ne saurait douter de la formation d'un composé spécial par l'influence de la végétation *en l'absence des sels de fer*. Que l'on verse dans un liquide artificiel privé de fer, qui a déjà fourni deux ou trois récoltes d'*Aspergillus*, quelques gouttes d'un sel de sesquioxyde de fer, aussitôt une coloration rouge apparaît, d'autant plus intense que le nombre des récoltes est plus grand ; dans les liquides où l'*Aspergillus* a végété en présence d'un sel de fer, cette coloration ne se manifeste pas, par le sel de sesquioxyde. La substance qui provoque cette coloration est destructible par le chlore, le permanganate de potasse, etc. Peut-être ce composé serait-il l'acide sulfocyanhydrique ; mais cette hypothèse aurait besoin d'être examinée de plus près.

Quoi qu'il en soit, si l'on expose à l'air pendant plusieurs jours un liquide dans lequel la force végétative s'est affaiblie et qui contient cette substance, celle-ci disparaît, et le liquide redevient apte à la végétation.

Ces faits me portent à croire que le rôle des sels de fer dans l'acte du développement de l'*Aspergillus* consiste à empêcher la formation d'une substance vénéneuse qui, en leur absence, se développerait par l'influence de la végétation.

Influence des quantités des éléments du milieu artificiel sur le poids des récoltes. — Jusqu'ici je me suis attaché à fixer le sens général de la relation qui lie la présence d'un élément chimique dans un milieu artificiel au développement de l'*Aspergillus* dans ce milieu, sans rechercher la formule numérique de cette relation ; les nombres que j'ai cités avaient plutôt pour but de donner une idée nette de la grandeur des phénomènes, que de les mesurer avec précision.

Cependant, puisque les essais types, dans des circonstances bien déterminées, donnent des récoltes constantes à 1/20^{e} près de leur valeur, on peut espérer déterminer avec assez de précision *les relations numériques qui lient les variations de poids de chaque élément du milieu type, aux variations des récoltes produites par ce milieu.* Je vais donner ici les résultats de quelques expériences sur ce sujet à peine ébauché.

Non-seulement les proportions suivant lesquelles les divers éléments d'un milieu artificiel sont associés influent sur le poids des récoltes de l'*Aspergillus*, mais encore l'espèce de Mucédinée qui se développe peut varier avec les proportions des éléments du milieu :

Expérience du 19 *août* 1868.

		gr.		gr.
N° 1.....	Eau.....	1000	Sucre.....	50
	Acide tartrique...	2	Nitrate d'ammoniaque.....	2,9
	Posphate d'amm..	0,48	Carbonate de potasse.....	0,48
	Carb. de magnésie.	0,32	Sulfate d'ammoniaque.....	0,18
	Sulfate de zinc...	0,048	Sulfate de fer.....	0,048
	Silicate de potasse.	0,048		

Spores d'*Aspergillus*.

N° 2..... Même quantité de sucre que dans le n° 1 ; la moitié seulement de la matière azotée et des matières minérales.

Spores d'*Aspergillus*.

J'ai fait trois récoltes successives dans chaque vase, puis j'ai recommencé identiquement les deux essais, en ayant soin tou-

tefois de ressemer toujours dans chaque essai les spores de la récolte précédente du même milieu. Après plusieurs opérations de ce genre, l'*Aspergillus* continuait à végéter absolument pur dans le n° 1 ; dans l'essai n° 2 il était complétement remplacé par le *Penicillium glaucum* qui avait peu à peu envahi la surface du liquide.

Ces deux champignons recherchent donc des milieux analogues, bien que chacun d'eux exige des conditions chimiques un peu différentes : résultat en harmonie avec les faits que M. Van Tieghem a observés sur le développement de ces deux Mucédinées dans des dissolutions de tannin.

Puisque les proportions des éléments du milieu ont assez d'influence pour provoquer l'apparition de telle ou telle espèce de Mucédinée, il importe, dans les recherches sur l'*Aspergillus*, de ne pas s'écarter notablement des proportions que j'ai indiquées page 201, si l'on veut cultiver sûrement cette plante à l'état pur.

Si l'on classe les éléments du milieu type, d'après l'ordre de leurs quantités respectives, l'*eau* se place en première ligne ; aussi je vais rechercher comment varie le poids des récoltes obtenues dans un milieu lorsqu'on fait varier le poids de l'eau, celui des autres éléments restant constant.

Expérience du 16 juillet 1867.

N^os^ 1.	Sucre, acide tartrique, nitrate d'ammoniaque, matières minérales suivant les proportions ordinaires, 20 gr.	Eau,	0^gr^.
	Spores *d'Aspergillus*.		
2.	Idem.	Eau,	8
3.	Idem.	—	15
4.	Idem.	—	40
5.	Idem.	—	80
6.	Idem.	—	120
7.	Idem.	—	160
8.	Idem.	—	240
9.	Idem.	—	320
10.	Idem.	—	480
11.	Idem.	—	640
12.	Idem.	—	960
13.	Idem.	—	1920
14.	Idem.	—	3840
15.	Idem.	—	7680

Tous ces essais étaient placés dans des vases d'égale profondeur.

Récolte du 19 juillet.

N^{os} 1	0
2	0
3	traces
4	0,6
5	1,54
6	2,56
7	2,6
8	3,0
9	3,04
10	2,8
11	3,6
12	3,18
13	3,2
14	3,2
15	3,1

La loi qui résume ce tableau est fort simple :

Le poids de la récolte augmente d'abord avec la quantité d'eau jusqu'à 240 grammes d'eau pour 20 grammes du mélange des éléments artificiels; à partir de cette quantité, il reste sensiblement constant.

Expérience du 29 *juillet* 1867.

N^{os} 1.	Sucre et autres éléments en proportions convenables, 20 grammes. Spores	Eau, 700
2.	Idem	— 350

Sommes des récoltes successives.

	1er août. 1re récolte.	4 août. 1re et 2^{e} récoltes.	7 août. Récolte totale.
	—	—	—
N° 1	3,6	5,2	5,7
N° 2	3,2	4,8	5,5

Cette expérience confirme la première ; car les proportions d'eau sont ici supérieures à 240 grammes pour 20 grammes d'éléments nutritifs, et les récoltes des n^{os} 1 et 2 sont sensiblement égales. Elle démontre, en outre, que cette égalité de poids s'applique non-seulement à la première récolte, mais aussi

aux sommes des récoltes successives de chaque essai, en particulier à la récolte totale.

Le développement des fructifications varie aussi avec les proportions d'eau ; dans des essais identiques aux n^{os} 1, 2, 3, 4, 5, de l'expérience du 16 juillet, la surface de la Mucédinée est restée blanche même après six à sept jours de végétation ; dans des essais semblables aux n^{os} 6 et 7, les spores se sont formées, mais avec beaucoup de lenteur. Enfin, dans le n° 8 et les essais suivants, les fructifications se sont formées avec régularité ; la surface de l'*Aspergillus*, de blanche est devenue brune, puis d'un noir uniforme après trois jours de végétation ; cependant les progrès des organes reproducteurs ont encore été un peu plus rapides à mesure que la proportion d'eau devenait plus forte.

En résumé, une trop faible proportion d'eau nuit au développement du mycélium et des spores ; à partir d'une quantité d'eau minima égale à 240 grammes pour 20 grammes d'éléments nutritifs, la Mucédinée se développe régulièrement, et le poids de récolte devient à peu près constant dans des vases d'égale profondeur, quelle que soit la quantité d'eau du milieu, pourvu que les autres éléments restent invariables.

Remarquons que 20 grammes d'éléments nutritifs ont donné au total 5,7 de Mucédinée qui exigent en outre, pour se développer normalement, 240 grammes d'eau au minimum. Le rapport du poids de l'eau utile à la végétation au poids de récolte qui se forme par son influence est donc au moins égal à $\frac{240}{5,7} = \frac{42}{1}$.

Dans le choix des proportions des éléments du *milieu type*, j'ai cherché à satisfaire, autant que possible, à cette condition : obtenir un poids déterminé de récolte avec le moindre poids des substances de ce milieu. Il suffirait donc d'employer 240 grammes d'eau pour 20 grammes des autres éléments du mélange artificiel, ou encore 1500 grammes d'eau pour 125 grammes de ces éléments ; mais pour tenir compte de l'évaporation de l'eau dans le cours de la végétation, j'ai employé généralement 80 grammes de matières solides pour 1500 centimètres cubes de dissolution (voir page 211).

Passons maintenant à la recherche de l'influence *des quantités de sucre* sur le poids de la récolte, tous les autres éléments restant invariables.

Première expérience (24 *décembre* 1867).

N° 1. Eau, 2750; nitrate d'ammoniaque, 3,5; acide tartrique, 3; phosphate d'ammoniaque, 0,6; carbonate de potasse, 0,6; carbonate de magnésie, 0,5; sulfate d'ammoniaque, 0,3; citrate de fer, 0,1; sulfate de zinc, 0,1; Spores. Sucre, 0

N°s 2.	Idem	Sucre,	10
3.	Idem	—	20
4.	Idem	—	40
5.	Idem	—	60
6.	Idem	—	80
7.	Idem	—	120
8.	Idem	—	160
9.	Idem	—	320
10.	Idem	—	640
11.	Idem	—	2260
12.	Idem	—	7400

Sommes des récoltes successives.

	28 décembre. 1re récolte.	2 janvier. 1re et 2e récoltes.	6 janvier. Récolte totale.
	—	—	—
N°s 1.....	0,27	0,27	0,27
2.....	2,7	3,28	3,46
3.....	3,9	5,45	7,27
4.....	6,7	9,32	13,02
5.....	9,15	12,78	16,94
6.....	10,2	14,27	19,94
7.....	13,8	19,24	23,18
8.....	15,4	19,96	24,47
9.....	23,1	24,1	28,2
10.....	22,8	24,7	28,4
11.....	22,2	23,37	24,67
12.....	4,4	5,38	7,18

Sommes des récoltes diminuées de la récolte du n° 1, et rapportées aux récoltes correspondantes du n° 2 prises pour unité.

	1re récolte.	1re et 2e récoltes.	Récolte totale.	Poids du sucre.
N° 2.....	1	1	1	10
3.....	1,5	1,7	2,2	20
4.....	2,6	3	4	40
5.....	3,7	4,2	5,2	60
6.....	4	4,7	6,2	80
7.....	5,6	6,3	7,2	120
8.....	6,2	6,6	7,6	160
9.....	9,5	8	8,8	320
10.....	9,3	8,2	8,8	640
11.....	9,2	7,8	7,7	2260
12.....	1,8	1,8	2,2	7400

La loi des effets produits par la variation de poids du sucre se dessine assez nettement dans ce dernier tableau :

1° La récolte totale — diminuée du poids de Mucédinée de l'essai privé de sucre — est d'abord à peu près proportionnelle au poids du sucre jusqu'au n° 4, c'est-à-dire jusqu'à la proportion de 15 grammes de sucre pour 1 litre d'eau ; elle croît plus lentement jusqu'au n° 9, qui contient 119 grammes de sucre par litre, puis elle diminue indéfiniment.

2° Les récoltes successives suivent une loi analogue, avec cette différence que, même dans les essais qui renferment très-peu de sucre, la récolte croît moins vite que le sucre.

3° L'accroissement de récolte totale produit par l'addition de 10 grammes de sucre aux autres éléments du milieu artificiel est $3^{gr},2$. Le rapport minimum du poids du sucre au poids de matière organisée qu'il contribue à former est donc exprimé par $\frac{10}{3,2} = 3,1$.

Autre expérience.

Le 3 mai 1868, j'ai préparé huit essais respectivement semblables aux huit premiers essais de la première expérience ; et

j'ai obtenu de chacun d'eux trois récoltes successives ; je ne donne ici que les nombres de la récolte totale.

	Récolte totale.	Rapports des récoltes diminuées de celle du n° 1 à la récolte du n° 2.
	gr.	gr.
N^os 1.....	0,2	»
2.....	3,1	1
3.....	7,1	2,7
4.....	12,3	4,1
5.....	14,8	5
6.....	17,7	5,9
7.....	21,3	7,2
8.....	23,0	7,9

Ces nombres sont, dans leur ensemble, d'accord avec les nombres correspondants de la première expérience.

J'ai fait encore quelques recherches sur les effets physiologiques de diverses quantités d'acide tartrique ; l'expérience suivante résume les principaux résultats :

Expérience sur les quantités d'acide tartrique (7 *août* 1867).

N° 1. Eau, 700 gr.; sucre, 20 gr.; nitrate d'ammoniaque ; matières minérales en proportions convenables. Acide tartrique, 0,0

Spores d'*Aspergillus*.

		gr.
N^os 2.	Idem.	Acide tartrique 0,7
3.	—	— 1,4
4.	—	— 2,8
5.	—	— 5,6
6.	—	— 8
7.	—	— 11
8.	—	— 22
9.	—	— 44
10.	—	— 88
11.	—	— 176

	Récoltes.			
	10 août. 1re récolte.	13 août. 2e récolte.	Récolte totale.	Poids d'acide tartrique.
N^os 1.....	(Pas de Mucédinée : infusoires).			0,0
2.....	3,6	1,7	5,3	0,7
3.....	3,6	1,7	5,3	1,4
4.....	3,6	1,6	5,2	2,8
5.....	3,4	1,5	4,9	5,6
6.....	3,3	1,4	4,7	8
7.....	3,3	1,7	5	11
8.....	3	2,3	5,3	22
9.....	2,9	2,2	5,1	44
10.....	2,6	très-faible	2,6	88
11.....	0,4	inappréciable	0,4	176

Ces nombres prouvent :

1° Qu'il y a une proportion minima d'acide tartrique indispensable pour éviter l'apparition des infusoires ;

2° Qu'à partir de cette quantité minima (1 gramme pour 1000 d'eau environ), jusqu'à la proportion de 63 grammes par litre, le poids des récoltes est à peu près constant (du moins dans les conditions de cette expérience) ;

3° Qu'au delà de cette limite, le poids des récoltes diminue, et devient à peu près nul pour une proportion d'acide égale à 250 grammes par litre.

Ce qu'il faut remarquer ici en particulier, c'est la facilité avec laquelle l'*Aspergillus* supporte sans en souffrir des proportions considérables d'acide tartrique.

Ajoutons encore que cet acide se comporte d'une manière analogue envers les fructifications : dans les essais n^os^ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, le développement des spores a suivi une marche régulière ; dans le n° 9, il y a eu un retard sensible ; enfin les n^os^ 10 et 11 n'ont pas donné traces de fructifications.

Résultats analytiques. — J'ai dit au commencement de ce travail que dans une étude chimique suivie sur la végétation dans les milieux artificiels, l'analyse doit venir corroborer les résultats de la synthèse : aussi je vais indiquer ici quelques nombres auxquels j'ai été conduit par voie analytique :

En dosant le sucre de plusieurs essais par la liqueur de Fehling, j'ai obtenu une relation assez constante entre le sucre disparu et le poids de plante formée :

Sucre disparu. $C^{12}H^{11}O^{11}$.	Poids de plante formé.	Rapport du sucre à la plante.
gr.	gr.	
37,3	17,8	2,1
39	19,5	2
40	18	2,2
42	18	2,3
50	21	2,4
111	44,8	2,5
57	27,1	2,1
51	22	2,3
16	6,7	2,4

Rapport moyen du poids du sucre au poids de la récolte 2,3 : 1.

Je dois faire remarquer que ces nombres ont été obtenus dans des circonstances à peu près invariables, celles qui ont été déterminées dans l'exposé général de la Méthode, en sorte que je ne prétends point dès à présent qu'ils s'appliquent rigoureusement à tous les cas.

J'ai porté aussi mon attention sur les proportions de matières minérales que le végétal absorbe : j'ai incinéré au fourneau de coupellation des récoltes d'*Aspergillus* obtenues dans des conditions différentes, afin de connaître le poids des cendres contenues dans 100 grammes de ces diverses récoltes ; voici les résultats auxquels je suis parvenu :

Première expérience (3 *juillet* 1866).

Dans cette expérience, la Mucédinée a été simplement pressée à la main, séchée à 100° et ensuite incinérée.

N° 1. Eau, 3000 ; sucre 80
nitrate d'ammoniaque, 3 + { Matières minérales suivant les proportions ordinaires du milieu type. } $8^{gr},2$
acide tartrique, 8,5.
Spores d'Aspergillus.

2. Idem..... Idem..... $5^{gr},0$
3. Idem..... Idem..... $0^{gr},7$

	Poids total de trois récoltes successives.	Poids des cendres.	Poids des cendres pour 100 gr. de plante.
	gr.	gr.	gr.
N^{os} 1.....	25	1,53	6,37
2.....	13	0,65	5,00
3.....	4	0,08	2,00

Plusieurs conséquences ressortent de la comparaison de ces nombres.

1° L'*Aspergillus* a pour les matières minérales du liquide qui le nourrit une faculté d'absorption considérable : en effet, les récoltes pèsent environ six fois plus à l'état humide qu'à l'état sec ; 100 grammes de plantes desséchées pèsent donc, étant humides, 600 grammes. Or, 600 grammes de récolte humide des n^{os} 1, 2, 3 contenant respectivement $6^{gr},37$, 5 grammes,

2 grammes de cendres, 3000 grammes de ces récoltes fourniraient les poids de cendres suivants :

	gr.
N^{os} 1	31,85
2	25,00
3	10,00

Or 3000 grammes des liquides de ces mêmes essais renferment seulement :

	gr.	
N^{os} 1	8,2	de matières minérales.
2	5	Idem.
3	0,7	Idem.

La proportion de cendres sous le même poids est donc bien plus forte dans la plante que dans le liquide nutritif.

2° Une même espèce de Mucédinée peut renfermer *sous le même poids* des proportions de matières minérales très-variables : celles-ci croissent avec la richesse du sol en matières salines.

3° La proportion de cendres de l'*Aspergillus* augmente moins vite que la quantité de matières minérales du milieu artificiel, toutes choses égales d'ailleurs ; car les poids de matières minérales des liquides des trois essais précédents étant proportionnels aux nombres :

1 7 12

les cendres contenues dans un même poids de récolte sont dans le rapport des nombres :

1 2,5 3,2

Deuxième expérience.

On a recommencé les deux essais n° 2 et n° 3 de la première expérience ; mais on a comprimé fortement les récoltes dans un étau, pour en extraire la majeure partie des matières solubles ; les récoltes ont laissé à l'incinération :

	gr.	
N^{os} 2	3,9	pour 100 gr. de plante desséchée.
3	1,7	— — —

Troisième expérience.

On a mis à l'étuve des essais semblables au n° 2 et au n° 3 (1re expér.); mais les récoltes ont été pressées à l'étau et lavées à l'eau froide cinq ou six fois ; elles ont donné :

	gr.	
Nos 2.....	1,7	de cendres pour 100 gr. de plante à l'état sec.
3.....	0,9	—

Rapprochons les nombres correspondants de ces trois expériences :

	1re expérience.	2e expérience.	3e expérience.	
Nos 2.....	5	3,9	1,7 ...	pour 100 gr. de plante.
3.....	2	1,7	0,9....	—

Rapports de ces nombres.

$$\frac{\text{N° 2}}{\text{N° 3}}\cdots\cdots\cdots \frac{5}{2}=2,5 \qquad \frac{3,9}{1,7}=2,3 \qquad \frac{1,7}{0,9}=1,9$$

Ces nombres donnent lieu à deux remarques principales :

1° La presque totalité des matières minérales de la Mucédinée est soluble dans l'eau, puisque la proportion de ces matières paraît diminuer indéfiniment par des lavages réitérés à l'eau froide;

2° Quel que soit le degré de purification des récoltes par des lavages à l'eau pure, les proportions de cendres qui correspondent à 100 grammes de plante desséchée varient toujours dans le même sens que celles des matières minérales des milieux artificiels ; mais les rapports des poids de ces cendres se rapprochent de l'unité à mesure que les poids eux-mêmes tendent vers 0.

Du rôle des éléments du milieu type dans la végétation de l'Aspergillus. — L'étude physiologique du milieu artificiel propre au développement de l'*Aspergillus* comprend deux questions : démontrer l'influence des éléments de ce milieu ; déterminer le rôle de chacun d'eux. Je pense avoir traité la première question assez complétement ; c'est à peine si j'ai effleuré la seconde.

A celle-ci se rattachent pourtant les deux derniers problèmes que j'ai abordés dans ce mémoire, je veux parler de la recherche des relations qui lient le poids de la plante au poids de chaque élément du milieu ; et de l'étude analytique des produits de la végétation. C'est ce que je vais essayer de prouver, en indiquant la marche à suivre pour jeter quelque lumière sur le rôle des éléments du milieu type dans le développement d'un végétal.

Pour déterminer le rôle d'un de ces éléments, il faut examiner s'il se transforme chimiquement, et en quels produits il se transforme. Ce genre de recherches appartient aux *procédés analytiques*, variables d'une substance à une autre. A cet égard, les résultats auxquels l'analyse m'a conduit précédemment indiquent bien que le sucre se transforme chimiquement, que les matières minérales se modifient ; mais la question de savoir en quoi consistent ces métamorphoses subsiste tout entière.

A mon avis, avant de chercher à pénétrer la nature intime de ces transformations chimiques, il importe de découvrir s'il existe un rapport constant entre le poids d'un élément transformé et le poids du végétal développé, ou bien si ce rapport est plus ou moins variable : de là résulte immédiatement la nécessité absolue ou l'utilité plus ou moins grande de cet élément pour l'organisation de la matière.

La *détermination de ce rapport*, et par suite la solution du problème qui nous occupe, semblent appartenir à l'analyse : c'est l'analyse en effet qui nous a appris (page 280) que le rapport du poids du sucre modifié au poids de plante développée est sensiblement constant, résultat qui nous conduirait à admettre la nécessité de la transformation du sucre dans l'acte de la végétation, si cette vérité avait besoin d'être démontrée. Les matières minérales paraissent s'écarter de cette loi : car le rapport du poids des cendres de l'*Aspergillus* au poids de la Mucédinée a varié (page 281) avec la composition du milieu. Devons-nous en conclure que les matières minérales n'interviennent pas *en proportions définies* dans la formation du végétal ? Je ne le pense pas. Car une portion des matières minérales qui se sont transformées chimique

ment au contact du végétal a dû se dissoudre dans le liquide ambiant et échapper à l'analyse ; en outre, le poids de ces matières contenues dans la Mucédinée a été augmenté par des sels absorbés physiquement, et variables avec la composition du milieu (car les végétaux peuvent absorber tout ce qui est soluble, même les poisons). En pesant les cendres du végétal, on n'a donc pas dosé, en réalité, les matières minérales transformées par la végétation. Ces causes d'erreurs s'appliquent naturellement à chacun des éléments dont les cendres du végétal se composent ; mais certains d'entre eux présentent encore à l'analyse d'autres difficultés : ce sont ces éléments qui interviennent dans l'acte de la végétation en proportions si minimes qu'il nous est impossible d'en fixer la limite inférieure ; en sorte que si l'analyse ne décelait aucune trace d'un pareil élément dans les cendres de l'*Aspergillus*, il ne serait pas démontré que ce végétal peut s'en passer, mais simplement qu'il en exige une proportion assez petite pour échapper aux procédés analytiques.

L'*analyse* sur le sujet qui nous occupe n'a donc pas donné tout ce qu'elle promettait ; la *synthèse* va nous offrir à cet égard des ressources nouvelles.

Prenons le cas particulier d'un milieu artificiel, d'ailleurs complet, qui contienne un de ses éléments en quantité petite par rapport à celle qui entre dans le milieu type : si le développement de l'*Aspergillus* est nécessairement corrélatif d'une modification chimique de cet élément, il est probable que celui-ci, dans le cas que j'ai supposé, se transformera en totalité par l'action prolongée de la végétation. J'ai constaté, par exemple, que l'*Aspergillus*, en se développant, fait disparaître tout le sucre qui existe dans un milieu en proportion suffisamment petite.

S'il en est ainsi, il suffira d'introduire dans des milieux identiques des quantités variables et relativement très-faibles de l'élément qu'on veut étudier, et de constater que le poids de cet élément est en rapport constant avec le poids total du végétal développé, pour en conclure que la transformation de l'un et le développement de l'autre ont entre eux une relation *nécessaire*.

Tel est le résultat que les variations des quantités de sucre nous ont offert (page 287) : tant que ce poids n'a pas dépassé 15 grammes par litre de liquide, l'accroissement du poids de la récolte totale a été proportionnel à l'augmentation du sucre : de ce seul fait résulte l'intervention du sucre dans la végétation en proportions définies. Il est vrai que, pour un même poids de sucre transformé, l'analyse nous a indiqué un poids de plante supérieur au poids déterminé par la synthèse (pages 288 et 290) ; mais les nombres auxquels l'analyse nous a conduit s'appliquent à des essais contenant de fortes proportions de sucre : dès lors, une portion de ce sucre, absorbé physiquement par les récoltes, a dû contribuer à en augmenter le poids.

Il serait donc intéressant d'appliquer le *procédé synthétique* à rechercher si les éléments minéraux du milieu type, malgré leurs minimes proportions, sont absolument nécessaires à la végétation de l'*Aspergillus*.

CONCLUSIONS.

Il me paraît utile de rassembler ici les résultats les plus immédiats de mes études sur le développement de l'*Aspergillus* dans un milieu artificiel :

1° La méthode de recherches physiologiques fondée sur le développement des organismes inférieurs, en particulier des Mucédinées, dans les milieux artificiels est due à M. Pasteur, qui, le premier, a découvert un mélange de composés chimiques définis approprié à la vie de ces petites plantes.

2° J'ai donné, en un sens, à cette méthode la sûreté, la précision, la facilité d'application qui lui manquaient, en obtenant dans un milieu artificiel, des récoltes d'une Mucédinée spéciale, abondantes, de poids constant, sans mélange d'espèces étrangères.

3° J'ai montré qu'il suffit pour atteindre ce but relativement à l'*Aspergillus*, et *obtenir sûrement en six jours 25 grammes de cette Mucédinée à 1/20e près*, de réunir un certain nombre d'éléments favorables à la végétation :

1° *Éléments physiques.*

Une température de 35 degrés; un air humide et convenablement renouvelé; des vases peu profonds.

2° *Éléments chimiques.*

Oxygène de l'air.	
Eau	1500
Sucre	70
Acide tartrique	10
Ammoniaque	2,0
Acide phosphorique	0,4
Acide sulfurique	0,25
Silice	0,03
Potasse	0,4
Magnésie	0,2
Oxyde de zinc	0,04
Oxyde de fer	0,03

3° *Élément physiologique.*

Spores d'*Aspergillus*.

4° Le poids total de plante obtenu dans ces conditions ne s'écarte pas beaucoup du rendement théorique maximum que pourrait donner la même quantité de matières nutritives; il est supérieur au poids de Mucédinée qui peut se développer, à égales quantités de matières nutritives, sur un liquide organique naturel.

5° Le mode de développement de l'*Aspergillus*, principalement le poids de la récolte fourni dans un temps donné par un même milieu, varie suivant des lois dont j'ai précisé le sens, lorsqu'on fait varier une à une les circonstances physiques précédemment indiquées : la température, l'état hygrométrique de l'atmosphère, le renouvellement de l'air, la forme des vases.

6° Tous les éléments du milieu artificiel type concourent simultanément au développement du végétal; car si l'on supprime tour à tour chacun d'eux, le poids de la récolte subit une diminution qu'on ne saurait attribuer aux erreurs des expériences. M. Pasteur a mis en lumière l'intervention de l'oxygène, du sucre, de l'acide tartrique, de l'ammoniaque, de sels miné-

raux composés de phosphates alcalins et terreux, dans la végétation des Mucédinées. J'ai vérifié ces résultats; j'ai mis hors de doute l'influence, déjà pressentie, de l'acide phosphorique, de la potasse, de la magnésie; j'ai découvert l'efficacité plus inattendue de l'acide sulfurique, de l'oxyde de zinc, de l'oxyde de fer, de la silice, dans la végétation de l'*Aspergillus*; j'ai montré que les effets de ces oxydes sont indépendants des sels dont ils font partie.

7° Les oxydes minéraux du milieu artificiel ne peuvent se remplacer physiologiquement les uns les autres : à chacun d'eux est dévolu un rôle spécial.

8° L'acide nitrique peut remplacer l'ammoniaque comme élément azoté; l'acide nitreux et l'acide cyanhydrique paraissent impropres à l'assimilation.

9° Le fer paraît avoir pour rôle spécial d'empêcher la formation de certaines substances vénéneuses pour l'*Aspergillus*.

10° J'ai mesuré l'utilité des éléments chimiques essentiels au développement de l'*Aspergillus*, par le rapport du poids de récolte fourni par le milieu complet au poids de récolte obtenu en supprimant un à un chaque élément; voici les valeurs maxima que ces rapports ont pu atteindre :

Par la suppression	de l'oxygène.....	très-grand.
Id.	de l'eau.....	∞
Id.	du sucre.....	65
Id.	de l'acide tartrique.....	∞
Id.	de l'ammoniaque.....	153
Id.	de l'acide phosphorique...	182
Id.	de la magnésie.....	91
Id.	de la potasse.....	25
Id.	de l'acide sulfurique.....	24
Id.	de l'oxyde de zinc.....	10
Id.	de l'oxyde de fer.....	2,7
Id.	de la silice.....	1,4

11° Les poids des divers éléments du milieu artificiel qui concourent à former le végétal sont de divers ordres de grandeur : les uns sont supérieurs au poids du végétal lui-même; les autres lui sont inférieurs, et atteignent des proportions extrême-

ment petites, dont nous ne pouvons fixer dès à présent la limite inférieure. Les nombres suivants donnent une idée assez nette du rapport du poids de chaque élément du milieu type au poids de Mucédinée qu'il contribue à former :

Rapport relatif à l'oxygène		2 ?
Id.	à l'eau	42
Id.	au sucre	3
Id.	à l'acide tartrique	$\frac{1}{14}$
Id.	à l'azote (de l'ammoniaque)	$\frac{1}{17}$
Id.	au potassium (de la potasse)	$\frac{1}{64}$
Id.	au phosphore (de l'acide phosphorique)	$\frac{1}{157}$
Id.	au magnésium	$\frac{1}{200}$
Id.	au soufre	$\frac{1}{346}$
Id.	au zinc	$\frac{1}{953}$
Id.	au fer	$\frac{1}{857}$
Id.	au silicium	$\frac{1}{320}$

12° Certains sels minéraux sont éminemment vénéneux pour l'*Aspergillus ;* voici quelques-uns de ces sels, avec les proportions minima qui nuisent sensiblement aux progrès du végétal :

Le nitrate d'argent est vénéneux à la dose min. de		$\frac{1}{1\,600\,000}$	du poids du liquide artific.
Le chlorure de mercure	idem	$\frac{1}{512\,000}$	idem.
Le chlorure de platine	idem	$\frac{1}{8000}$	idem.
Le sulfate de cuivre	idem	$\frac{1}{240}$	idem.
L'acide sulfurique libre	idem	$\frac{1}{500}$	idem.

13° Les poids des éléments chimiques d'un milieu artificiel paraissent liés au poids de la récolte totale de ce milieu par des relations numériques assez simples et précises.

14° Les proportions des éléments du milieu artificiel exercent une influence marquée sur l'espèce de Mucédinée qui se développe dans ce milieu.

15° J'ai indiqué une modification de la méthode généralement suivie dans ce travail, qui permet de mieux faire ressortir les effets produits par les éléments du milieu type sur le développement de l'*Aspergillus*.

16° J'ai précisé la marche à suivre, soit pour étudier plus complétement l'influence des éléments chimiques dont j'ai reconnu l'utilité, soit pour en découvrir de nouveaux, soit pour pénétrer le rôle intime de chacun d'eux.

III

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Les résultats que je viens d'exposer ont moins d'importance par eux-mêmes que par les relations qu'ils présentent avec les lois fondamentales de la chimie des êtres inorganisés et surtout de la chimie générale des végétaux : ce sont ces relations que je vais essayer de mettre en lumière.

Comparaison entre la formation des Mucédinées dans un milieu artificiel et la production des composés chimiques inorganisés. — Je l'ai déjà dit (page 188), le développement d'un végétal peut être assimilé à la formation d'un composé chimique, en ce sens que l'un et l'autre peuvent se produire de toutes pièces par la réaction d'éléments chimiques définis dans des circonstances convenables. Cette vue n'est pas nouvelle; mais je crois, en m'appuyant sur les conclusions de mon travail, pouvoir la formuler avec plus de précision qu'on ne l'a fait jusqu'ici :

1° La formation d'un *végétal* (l'*Aspergillus*, par exemple), comme celle d'un *composé chimique*, est influencée par un certain nombre de circonstances physiques parmi lesquelles la température occupe le premier rang.

2° Le végétal et le composé chimique naissent de la réaction

de certains éléments chimiques, dont le concours simultané est essentiel ; car la suppression d'un seul élément suffit pour entraver les progrès de la réaction.

3° Dans l'un comme dans l'autre cas, la présence de certaines substances chimiques peut nuire à la réaction.

4° L'influence qu'exerce sur la production de ces êtres un composé chimique dépend, et de la forme du composé, et des éléments simples dont il est formé.

5° Il existe des relations numériques précises entre le poids du végétal ou du composé chimique et la composition quantitative du milieu au sein duquel ils se forment.

Mais il y a aussi entre les réactions de la chimie des êtres inorganisés et celles de la chimie des végétaux (Mucédinées) deux différences essentielles :

1° En général (sauf le cas des actions catalytiques), les poids des éléments chimiques qui interviennent dans la production d'un composé inorganisé sont de même ordre de grandeur; les poids des éléments qui concourent à l'élaboration d'un végétal sont de différents ordres de grandeur; et en particulier certains de ces éléments produisent des effets considérables, bien qu'ils soient en proportions extrêmement petites par rapport au poids du végétal.

2° Un composé inorganisé se forme en général par la réaction d'un petit nombre d'éléments chimiques définis; un végétal exige le concours d'un plus grand nombre d'éléments : car dans le milieu complet dont je me suis servi, il entrait douze composés définis contenant onze corps simples, et peut-être d'autres éléments non moins essentiels m'ont-ils échappé. Cette vue est fort éloignée de l'ancienne opinion qui regardait quatre corps simples : le carbone, l'hydrogène, l'oxygène, l'azote, comme suffisant à organiser la matière.

Je ne parle ici que des caractères purement chimiques : je laisse de côté l'intervention du germe, condition physiologique inhérente à l'organisation de la matière.

Cette comparaison nous conduit immédiatement à l'application de la végétation des Mucédinées à l'*analyse chimique :* en

effet, pour doser un élément en dissolution dans un liquide, on provoque d'ordinaire une réaction chimique, qui donne naissance à un composé solide en relation avec cet élément; or un végétal n'est-il pas une sorte de composé chimique solide dont la formation est intimement liée à la présence d'un grand nombre d'éléments définis?

Pour appliquer ce principe, on préparera deux vases contenant des milieux artificiels convenables et identiques; dans l'un d'eux, on ajoutera la substance qu'on veut analyser; on fera végéter l'*Aspergillus*, dans ces deux essais; et la différence de poids des deux récoltes donnera des indications sur la composition de la substance ajoutée.

Par exemple, pour rechercher l'acide phosphorique dans un mélange de sels, on préparera deux milieux artificiels contenant tous les éléments essentiels à la vie de l'*Aspergillus*, moins l'acide phosphorique; dans l'un d'eux on fera dissoudre le mélange salin; on sèmera dans les deux vases des spores d'*Aspergillus*, et la différence des récoltes donnera des indications sur l'acide phosphorique du mélange.

Cette méthode n'est probablement pas limitée à l'*analyse qualitative;* les relations numériques précises que nous avons entrevues entre le poids du végétal et le poids de chacun des éléments du milieu où il vit, nous portent à penser qu'elle se prêterait également à l'analyse quantitative.

Évidemment la méthode d'analyse que je propose ici n'est pas générale; mais il n'existe en réalité en chimie que des procédés d'analyse limités à un petit nombre de composés, et si l'on réfléchit au grand nombre de substances chimiques qui exercent sur l'*Aspergillus* une influence utile ou funeste, peut-être jugera-t-on cette méthode susceptible d'un certain degré de généralité.

Mais si elle ne présentait pas, dans certains cas, des avantages sérieux sur l'*analyse chimique proprement dite*, elle ne serait qu'une curiosité stérile, peu digne d'intérêt. Aussi je vais indiquer quelques cas dans lesquels elle aurait sans doute sur les autres procédés d'analyse une réelle supériorité.

Tous les agronomes reconnaissent l'insuffisance de l'analyse chimique appliquée à l'agriculture : c'est pour ce motif qu'on a proposé d'analyser les engrais et les terres par la végétation. Or, s'il est vrai que, au point de vue chimique, les Mucédinées se rapprochent considérablement des végétaux supérieurs (page 209), elles offrent à l'agriculture une méthode d'analyse qui, par la rapidité des opérations, par la facilité d'exécution, par les nombreux éléments chimiques qu'elle peut atteindre, par sa précision enfin, est incontestablement supérieure à la méthode d'analyse par les grands végétaux fondée sur le même principe (voy. page 141).

Les procédés analytiques de la chimie deviennent souvent impuissants à déceler de très-petites proportions d'un élément mêlé à une grande quantité de matières complexes : les Mucédinées, à cause de la facilité avec laquelle elles savent choisir les éléments qui leur conviennent dans les mélanges les plus compliqués, et aussi à cause des minimes proportions de certains composés qui suffisent à produire des différences de récoltes considérables, me paraissent merveilleusement appropriées à des cas de ce genre. Ainsi nous avons vu l'*Aspergillus* nettement impressionné par une proportion de nitrate d'argent égale à 1/1600000 du poids du liquide artificiel ; or dans l'eau pure le chlorure de sodium n'a pu déceler que 1/500000 de sel d'argent, et dans les dissolutions salines, une proportion beaucoup plus forte. C'est ainsi que, n'ayant pu réussir à développer l'*Aspergillus* dans un liquide artificiel approprié, contenu dans un vase d'argent, j'ai dû en conclure que l'argent se dissout dans ce liquide, et pourtant les réactifs de ce métal n'y donnaient point de précipité.

Découvrir la forme du composé d'un élément chimique dans une dissolution, est un problème ordinairement fort délicat, quelquefois insoluble par les méthodes ordinaires. Or, l'action d'un élément chimique sur le développement des Mucédinées dépend de la forme du composé de cet élément. La méthode d'analyse par ces petits organismes trouve donc encore ici une application toute naturelle. Par exemple, on pourrait, dans

certains liquides, distinguer par les Mucédinées l'azote à l'état d'acide nitrique ou d'ammoniaque, de l'azote à l'état d'acide nitreux ou d'acide cyanhydrique. Si l'expérience vérifiait cette hypothèse que l'action de l'acide sulfurique sur le développement de l'*Aspergillus* est due à l'effet propre de l'acide nitrique déplacé (page 223) l'étude du développement de cette Mucédinée pourrait nous éclairer sur le partage réciproque des acides et des bases dans une dissolution.

Mais je n'insiste pas davantage sur cet ordre de faits dont l'expérience seule peut fixer la valeur.

Comment les résultats obtenus sur la végétation de l'Aspergillus se rattachent aux lois générales de la chimie des végétaux. — Abordant des analogies d'un ordre plus élevé, je vais indiquer rapidement les rapports qui existent entre les faits consignés dans ce mémoire et les lois générales de la physiologie.

Bien que la question des générations spontanées soit aujourd'hui complétement épuisée, peut-être n'est-il pas sans intérêt de faire remarquer que mes recherches sur l'*Aspergillus* achèvent de renverser l'hypothèse fondamentale de l'hétérogénie : dans cette doctrine on est obligé d'admettre que la spontéparité ne se produit que dans les matières organiques naturelles : M. Pasteur fit voir que cette hypothèse est contraire aux faits, puisque les organismes inférieurs se développent spontanément dans les milieux artificiels comme dans les milieux naturels. Cependant il restait ce fait intéressant, que la vie progressait plus lentement dans les liquides artificiels que dans les matières naturelles, de sorte que celles-ci paraissaient avoir une force d'organisation supérieure à celle des milieux artificiels, hypothèse assez conforme à la doctrine de l'hétérogénie. Que devient cette hypothèse, s'il est prouvé, comme je le crois, du moins en ce qui concerne les Mucédinées, qu'un milieu artificiel convenablement choisi est plus apte à organiser la matière que les substances les plus putrescibles.

D'autre part, mes résultats sur l'*Aspergillus* ne sont que le développement et l'extension, en un sens, des résultats de M. Pasteur sur la végétation des organismes inférieurs dans les

milieux artificiels : ils confirment donc pleinement, quoique indirectement, la découverte par laquelle ce savant porta les derniers coups aux théories de Berzelius et de Liebig sur les fermentations.

Ainsi que nous l'avons remarqué précédemment, les grands végétaux empruntent leur carbone, leur hydrogène, leur oxygène à l'acide carbonique et à la vapeur d'eau, tandis que les Mucédinées prennent ces éléments au sucre.

Mais à part cette différence profonde, l'étude de ces deux sortes de végétaux nous révèle des analogies fort remarquables : tandis que l'acide nitrique ou l'ammoniaque, l'acide phosphorique, la potasse, font partie des milieux artificiels propres aux grands végétaux et aux organismes inférieurs, l'azote de l'acide nitreux et de l'acide cyanhydrique n'est point assimilable par ces deux sortes d'êtres vivants.

En dehors de ces résultats communs, il en est d'autres, acquis pour les seuls organismes inférieurs, et qui prouvent que la théorie chimique des phénomènes de la vie est plus avancée pour les petits végétaux que pour les grandes plantes :

1° La végétation des Mucédinées dans les milieux artificiels m'a donné des récoltes relativement plus fortes que celles qu'on obtient dans les milieux naturels ; au contraire, pour les grands végétaux, on n'a pas encore réussi à obtenir dans les sols artificiels un développement aussi abondant que dans les terrains naturels.

2° J'ai pu rendre constantes à 1/20e près les récoltes d'*Aspergillus* avec engrais complet, et j'ai obtenu entre le poids des récoltes et le poids de certains éléments du milieu artificiel, des relations numériques constantes : les expériences sur les végétaux supérieurs n'ont point approché de cette précision : il me semble aussi que les auteurs de ces expériences ne se sont pas toujours préoccupés autant que moi de déterminer l'erreur relative de leurs procédés, élément qui a une si grande importance dans la discussion des résultats de recherches précises.

3° J'ai eu soin dans mes expériences de supprimer du milieu complet un seul *oxyde* à la fois, de sorte que les effets observés se rapportent légitimement à cet oxyde ; au contraire, dans la

suite des expériences que j'ai rapportées sur les grands végétaux, cette condition n'a pas toujours été remplie; souvent un sel formé de deux oxydes a été supprimé en entier, et l'effet obtenu peut être attribué aux deux éléments.

4° J'ai pu mesurer les effets des divers éléments du milieu artificiel sur la végétation par des rapports bien supérieurs aux rapports correspondants des expériences qui ont pour objet les grands végétaux.

5° Outre les éléments dont la synthèse a constaté l'intervention directe dans la végétation des grandes plantes, j'ai découvert plusieurs éléments essentiels à la formation de l'*Aspergillus :* la magnésie, l'acide sulfurique, l'oxyde de zinc, l'oxyde de fer, la silice; l'un d'eux principalement, l'oxyde de zinc, n'a pas été signalé jusqu'ici comme élément essentiel à la vie des êtres organisés.

6° J'ai rendu manifeste l'intervention dans la vie de l'*Aspergillus* de certains éléments essentiels en proportions extrêmement petites, principe qui ne se dégageait pas aussi nettement des expériences relatives aux grands végétaux.

7° On ne s'est guère préoccupé jusqu'ici de l'influence de l'acidité ou de l'alcalinité des terrains sur les grands végétaux; or, on sait depuis longtemps quel rôle joue la nature acide ou alcaline des milieux dans le développement des êtres inférieurs.

Ces considérations nous conduisent naturellement à cette conclusion : puisque les phénomènes (sauf ceux qui concernent l'assimilation du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène) qui ont été étudiés à la fois dans les grands végétaux et dans les Mucédinées présentent des analogies complètes, n'est-il pas probable que les faits de même ordre observés jusqu'ici dans les seules Mucédinées se reproduisent chez les grands végétaux? En particulier, on ne peut guère se refuser à admettre l'influence de la nature acide ou alcaline du sol sur le développement des végétaux supérieurs comme sur les Mucédinées. L'efficacité du soufre, du magnésium, du silicium dans le développement de l'*Aspergillus* confirme les faits d'observations qui paraissent leur assigner un rôle utile dans la vie des grands végétaux. Et si les individus placés aux extrémités opposées de

la série des végétaux nous ont paru tellement semblables au point de vue chimique, comment ne pas appliquer ces analogies à tout le règne végétal?

A un point de vue très-général, les phénomènes chimiques de la vie de l'*Aspergillus* peuvent se résumer en deux mots : d'une part, cet organisme consomme du sucre et de l'oxygène comme les animaux; de l'autre, il exige l'intervention d'oxydes minéraux (AzH^4O ou AzO^5, PhO^5, KO, MgO, SO^3, ZnO, FeO, SiO^3) de même ordre que les oxydes assimilables par les végétaux supérieurs (CO^2, HO, AzH^4O ou AzO^5, PhO^5, KO). C'est ainsi que les êtres vivants inférieurs rentrent dans la loi que posa, il y a trente ans, l'auteur de l'*Essai de statique chimique des êtres organisés*, et que de nouveaux composés chimiques paraissent devoir y rentrer également. La loi de M. Dumas, agrandie en deux sens, par les études chimiques sur les organismes inférieurs, demeure, avec son caractère primitif, la loi fondamentale de la chimie rationnelle des êtres vivants.

Ces considérations sont étroitement liées aux progrès de la science agricole : car la connaissance exacte du milieu propre au développement de chaque espèce de plante tend à substituer à l'empirisme les pratiques de culture rationnelles. C'est ce que j'ai déjà dit dans la première partie de ce travail, en parlant du système d'engrais chimiques de M. Ville qui repose sur ce principe; mais j'ai exprimé des craintes sur l'insuffisance possible de ces engrais pour alimenter la végétation. Mes recherches expérimentales ont confirmé cette prévision : il est bien improbable que les grands végétaux puissent se contenter de trois ou quatre éléments minéraux, alors que les Mucédinées, organismes plus simples, exigent ces éléments et d'autres encore. Mais en même temps mes recherches indiquent qu'on pourra un jour en toute sûreté substituer des engrais chimiques, convenablement choisis, aux engrais naturels, puisque les milieux artificiels ne sont pas moins aptes que les milieux naturels à donner à la végétation toute sa vigueur.

On peut conclure encore de mes recherches que le milieu le plus propre au développement d'un végétal est moins approprié

aux besoins d'un autre végétal, et que si l'on sème les germes de ces deux espèces dans ce milieu, la première s'y développera seule, ou du moins finira par envahir le milieu tout entier aux dépens de la seconde. C'est au moins ce que l'expérience a prouvé à l'égard des moisissures : l'*Aspergillus* semé dans un milieu parfaitement approprié s'y développe seul; les germes du *Penicillium* qui se trouvent dans l'air ou qu'on y sème parallèlement ne peuvent prendre le dessus. Mais si la composition du milieu est légèrement modifiée, le *Penicillium* envahit d'ordinaire la surface du liquide en tout ou en partie. (page 273).

Appliquons ce principe aux espèces parasites qui vivent sur les végétaux ordinaires :

Si un végétal est semé dans un terrain chimiquement identique avec le milieu qui lui est propre, la substance de ce végétal contiendra les mêmes éléments, et les parasites dont les germes pullulent dans l'air ne pourront s'y implanter. Mais si la composition du terrain s'écarte de celle de ce milieu type, des parasites pourront envahir le végétal, comme l'oïdium la vigne, le botrytis la pomme de terre, etc., si la matière du végétal modifiée convient à leur développement. Sans doute on peut trouver des remèdes empiriques contre ces fléaux, mais le moyen rationnel de les détruire radicalement ne serait-il pas de ramener le sol à la composition du milieu type du végétal que l'on cultive?

En résumé, l'emploi rationnel des engrais, si ces vues sont exactes, serait le plus sûr moyen d'assurer à chaque culture des rendements maxima en temps ordinaire, et de prévenir ces grandes perturbations physiologiques qui, sous le nom d'épidémies, viennent ravager de temps à autre de florissantes cultures.

Les considérations générales que je viens d'exposer paraîtront sans doute un peu vagues; elles ne sont en effet fondées pour la plupart que sur l'induction; mais elles s'appliquent à un ordre de faits si obscur encore et si important, que j'ai cru ne devoir rejeter aucun élément capable d'y porter quelque lumière.

Du moins ces considérations justifient, j'en ai la conviction, ce que j'ai avancé précédemment, c'est-à-dire que la méthode synthétique est plus féconde pour l'étude des Mucédinées que pour celle des grands végétaux, et que les résultats relatifs aux petits organismes peuvent préparer les voies pour l'étude des phénomènes de la vie chez les végétaux supérieurs.

DISCOURS SUR LA GÉOGRAPHIE DES ÊTRES VIVANTS,

PRONONCÉ

Par M. G. BENTHAM,

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ LINNÉENNE DE LONDRES, A LA SÉANCE ANNIVERSAIRE DU 24 MAI 1863.

MESSIEURS,

Mon principal but, dans les discours que je vous adresse tous les ans à l'occasion de cet anniversaire, a été jusqu'ici de vous offrir le tableau des progrès que notre science fait d'année en année, progrès qui sont dus en grande partie à l'établissement de sociétés scientifiques semblables à la nôtre dans les principaux centres de civilisation. Mais recommencer chaque fois une revue générale de ce vaste sujet, est un travail qui dépasse mes forces, et qui pourrait vous lasser par son uniformité. J'ai donc choisi aujourd'hui une branche de la science, dont l'origine est encore récente, mais qui acquiert chaque jour plus d'importance aux yeux du naturaliste philosophe, je veux parler de la géographie des êtres vivants.

Pour avoir une idée générale de la distribution géographique et des migrations des espèces, de l'importance des faits qu'elles expliquent dans l'histoire des êtres organisés, et plus indirectement dans celle du règne inorganique, je ne saurais mieux faire que de renvoyer au second volume des *Principles of Geology* de sir Charles Lyell. On trouvera dans les chapitres XXXVIII à XLIII (dixième édition) un résumé très-clair

des conclusions qu'on peut tirer des principaux faits actuellement connus, relativement à toutes les grandes classes des êtres organisés. Mais sur beaucoup de points la science est encore dans l'enfance. Il y a des contrées qui, sans être fort étendues, ont une grande importance au point de vue qui nous occupe, et dont la végétation ou la faune, ou toutes deux à la fois, sont encore presque inconnues. Il y en a beaucoup d'autres dont les animaux surtout, quoique décrits en détail, ont été à peine comparés avec ceux des pays éloignés, ou même des pays limitrophes. Je voudrais aujourd'hui montrer quel est l'état de nos connaissances actuelles sur la distribution géographique des principales classes de plantes et d'animaux, espérant appeler ainsi l'attention des naturalistes sur les nombreuses et vastes lacunes qu'il faudrait combler pour pouvoir établir avec certitude des conclusions générales. Si je suis forcé de répéter quelques-unes des observations déjà mentionnées dans mes discours de 1863 et 1866, je me bornerai à les rappeler très-brièvement, et seulement quand le sujet l'exigera.

Je suivrai l'ordre inverse de celui qu'a adopté sir Lyell, et je commencerai par les végétaux : d'abord parce qu'ils sont plus indépendants des autres classes que les animaux, et sont par conséquent les premiers occupants d'un pays nouveau ; ensuite parce que leur distribution est la plus compliquée, et enfin parce qu'elle a été l'objet des recherches les plus approfondies.

1. La distribution des végétaux, considérée en général (car toute règle biologique est sujette à des exceptions), dépend moins des autres classes que celle des animaux. Il est bien établi que l'abondance plus ou moins grande des moyens de nourriture est une des principales causes qui règlent la dispersion d'une race. Les animaux se nourrissent presque exclusivement, soit d'animaux ou de végétaux vivants, soit de matières animales ou végétales qui ne sont pas encore désorganisées. Les plantes se nourrissent de substances inorganiques ou désorganisées ; ou, si elles exigent ordinairement, peut-être toujours, une certaine quantité de matière organique, cette matière n'est

plus vivante, elle est plus ou moins décomposée et a pu rester inerte pendant des siècles. Aussi les végétaux, en ce qui concerne leur habitation, dépendent plus immédiatement et plus exclusivement du sol, du climat et des conditions géologiques, que toute autre classe d'êtres organisés.

2. La distribution des végétaux est la plus compliquée. Quoique l'individu végétal soit fixe et immobile, il n'y a pourtant point de classe où la race (1) puisse se disperser plus facilement et plus loin. Les oiseaux, grâce à l'énorme puissance et à la rapidité de leur vol, franchissent dans certaines saisons des distances immenses pour chercher leur nourriture ; mais ils reviennent au lieu de leur naissance pour élever leurs petits. Les plantes abandonnent leurs graines immobiles, prêtes à être transportées au loin par ces agents extérieurs que nous qualifions d'accidentels, mais sans lesquels plus d'une race serait exposée à périr, par suite de l'épuisement du sol dans l'espace limité qu'elle occupe. On trouve bien plus fréquemment dans les plantes que dans les animaux des exemples modernes ou relativement modernes de ces invasions parties de contrées lointaines, qui amènent la destruction plus ou moins complète des premiers habitants, ou qui les resserrent sur un point de leur territoire. Le changement graduel de l'aire occupée par les plantes, à la suite d'une modification dans le sol et le climat, est probablement plus général et plus rapide chez les végétaux immobiles que chez les plus agiles des animaux. Les expériences récentes de MM. Lawes et Gilbert montrent avec quelle promptitude le nombre et la proportion des espèces composant une végétation mélangée peuvent être modifiés par le moindre changement dans les ingrédients chimiques du sol. Le fait signalé par M. Hooker (*Introd. Ess.*, p. xii), que les aires des plantes sont plus étendues que celles des animaux, s'explique

(1) J'emploie le mot *race* au lieu d'*espèce*, parce qu'il est plus général et qu'il n'implique pas la détermination précise de ce qu'est une espèce. La race, dans le sens où je l'entends ici (équivalant à ce que Hæckel appelle le *phyton*), comprend à la fois la variété permanente, l'espèce et le groupe d'espèces, c'est-à-dire toute collection d'individus dont les caractères communs se perpétuent de génération en génération.

peut-être aussi bien par leurs moyens variés et complexes de dispersion que par leur plus grande ancienneté.

3. La Géographie botanique a été l'objet des recherches les plus approfondies. En effet, outre de nombreux essais plus anciens, c'est la seule partie sur laquelle nous possédions un traité complet antérieur à la publication des théories darwiniennes; et depuis lors, dans l'application de ces vues nouvelles à la distribution géographique, les botanistes ne sont certainement pas restés en arrière des zoologistes quant à l'importance de leurs travaux.

La *Céographie botanique raisonnée* de M. Alphonse De Candolle, publiée en 1855, est le résultat d'un grand nombre d'années de recherches et d'études. C'est un ouvrage inestimable comme exposition méthodique générale de faits et d'observations concernant la distribution des Phanérogames à la surface du globe, et leurs migrations naturelles ou artificielles. L'influence du sol et du climat sur les limites géographiques des espèces et des variétés, les changements opérés par la naturalisation, par la culture ou par d'autres actes de l'homme, l'histoire des espèces cultivées, et beaucoup d'autres points de moindre importance, sont traités avec une habileté et un soin qui feront longtemps de ce livre l'ouvrage classique sur ces sujets. Mais quant à la question plus générale des causes naturelles qui ont déterminé la distribution actuelle des végétaux, la science a subi une révolution complète par suite du développement des idées de Darwin, dont la publication a eu lieu quatre ans après celle de l'ouvrage de M. De Candolle. Cependant l'auteur a discuté les idées de son temps sur ce sujet à divers points de vue, et il arrive à cette conclusion : que les espèces actuelles ont pris naissance, soit en un seul exemplaire, soit en plusieurs individus, dans une ou dans différentes localités, simultanément ou, ce qui est plus probable, successivement, à une ou à diverses époques, quand la configuration géologique de la surface du globe différait beaucoup de ce qu'elle est aujourd'hui; chaque espèce ayant des caractères et une faculté de varier dans des limites déterminées essentiellement semblables à ceux

qu'elle possède actuellement. Admettant que certaines espèces se sont éteintes dans les temps primitifs comme cela a été observé depuis l'époque historique, il suppose que les espèces nouvelles qui les ont remplacées, ont été créées d'une manière que l'observation des phénomènes actuels ne saurait expliquer. Ces idées, que la grande majorité des naturalistes partageait au moment où écrivait M. De Candolle, et que quelques-uns d'eux soutiennent encore, conduiraient, si elles étaient adoptées, à supprimer toute recherche sur les rapports des faits avec leurs causes. Observer comment les espèces voisines sont groupées dans une même localité, comment certaines espèces sont représentées par d'autres à de grandes distances; noter entre des flores éloignées des analogies et des différences indépendantes de la migration et des influences climatologiques, tout cela ne serait plus que récolter des faits singuliers et de curieuses coïncidences, résultats de l'exercice arbitraire d'une volonté impénétrable pour l'esprit humain. Mais aujourd'hui ces faits ont pris une importance réelle depuis qu'on admet que nos espèces actuelles sont dérivées d'espèces plus anciennes, et qu'il existe par conséquent une étroite relation entre l'affinité et la communauté d'origine. Aussi je ne doute pas que, si M. De Candolle revisait son ouvrage, il ne suivît l'exemple de tant d'autres naturalistes éminents, et ne donnât un caractère tout à fait différent à quelques-uns des derniers chapitres du second et du troisième livre. Il avait déjà été conduit à adopter plusieurs idées de MM. Lyell et de Forbes, et à reconnaître que la distribution géographique actuelle des végétaux est, dans la plupart des cas, d'origine dérivée, provenant d'une distribution antérieure très-différente de celle qui existe aujourd'hui.

Il y a quelques autres points de moindre importance sur lesquels des observations ultérieures ne permettent pas d'accepter sans modifications les conclusions énoncées par M. De Candolle. J'en dirai quelques mots avant de passer à l'examen des ouvrages où les idées de Darwin sur l'origine des espèces ont été mises en œuvre pour expliquer la distribution géographique des plantes. Les points en question sont les suivants : 1° les

moyens de dissémination; 2° les dépôts de graines enfouies dans le sol; 3° les espèces disjointes.

1° *Moyens de dissémination.* — Quoique M. De Candolle en ait fait une exposition détaillée, ce sujet demanderait aujourd'hui beaucoup plus de développements. Ainsi l'auteur, qui regarde les graines comme étant à peu près le seul moyen de migration des végétaux, insiste sur les difficultés qui s'opposent à ce que les plantes aquatiques soient transportées à de grandes distances, — difficultés qu'il a quelque peine à concilier avec les exemples relativement nombreux d'espèces dispersées sur une vaste étendue que présentent ces mêmes plantes. Mais il oublie que c'est surtout dans les plantes aquatiques qu'on trouve des hibernacles ou autres bourgeons reproducteurs, ayant, comme les graines, la faculté de rester longtemps endormis, et pouvant de même être transportés à des distances immenses, ce dont nous voyons un exemple frappant dans l'invasion récente de l'un des sexes de l'*Elodea canadensis*. Quant au transport des graines et des bourgeons reproducteurs par les oiseaux, les insectes ou d'autres animaux voyageurs, on était loin d'en tenir assez compte, comme l'ont démontré surtout les observations de Darwin; et par contre, on accordait peut-être trop d'importance aux moyens de transport plus apparents qui résultent de la structure de la graine. Les ailes, les aigrettes, la déhiscence élastique des fruits, etc., ne peuvent en général transporter les graines qu'à une très-courte distance, et ne servent peut-être qu'à les placer en dehors de l'influence nuisible des racines ou de l'ombre de la plante mère; mais il est bien rare qu'on puisse leur attribuer un effet sérieux sur l'aire générale des espèces. Parmi les Composées, plusieurs espèces des genres *Eclipta*, *Elephantopus*, *Anthemis*, *Lapsana*, etc., dont les graines sont complétement dépourvues d'aigrettes, ont une aire beaucoup plus étendue que la grande majorité des Senecons, par exemple, dont les graines sont légères et l'aigrette très-développée; et si nous examinons les aigrettes de Chardons qu'un vent violent a emportées à une grande distance, nous trouverons presque toujours qu'il n'y reste plus de graines attachées. La facilité avec laquelle les

graines munies de poils crochus adhèrent aux corps étrangers a été signalée avec raison comme facilitant leur dissémination : cependant ce ne doit être parfois qu'une bien petite cause de dispersion au milieu de tant d'autres. Je ne remarque pas en effet qu'aucun des vulgaires *Echinospermum* ou *Cynoglossum*, à graines pourvues de poils crochus, soit plus généralement ou plus promptement disséminé que les espèces également vulgaires de *Myosotis* à graines parfaitement lisses.

Si les moyens de transport des plantes sont infiniment plus variés et plus constants dans leur action qu'on ne le soupçonnait avant les observations de Darwin, les obstacles qui s'opposent à leur développement là où elles ont été transportées, sont tout aussi variés et tout aussi constants. Il faut que la graine déposée trouve une place vacante, un sol qui lui convienne, un degré de chaleur et d'humidité suffisant pour la faire entrer en germination avant qu'elle soit emportée ailleurs ou qu'elle périsse : il faut encore que la plante nouvellement germée trouve un abri pendant qu'elle est jeune et délicate. Bref, il faut qu'elle échappe à ces nombreux accidents qui sont cause, par exemple, que, sur 100 000 graines de notre Digitale commune, 99 999 en moyenne périssent avant d'atteindre l'âge de la reproduction. Des nuées de graines fines et légères, emportées par un vent sec et tombant sur un sol découvert approprié à leur développement, pourront, si c'est pendant la sécheresse, être toutes dévorées par les insectes, les oiseaux ou d'autres animaux, avant qu'une ondée de pluie les ait mises en état de germer et de s'enraciner dans le sol ; au contraire, qu'un seul fruit d'Aubépine soit avalé par un oiseau, puis rejeté par lui dans quelque place accidentellement libre, par un temps chaud et humide, quand le germe a été suffisamment excité pour entrer immédiatement en végétation, ou bien qu'une corneille laisse tomber un gland dans un champ labouré pendant la très-courte période où les glands peuvent germer, cela suffit pour donner naissance à une Aubépine ou à un Chêne, comme on en voit naître souvent dans l'ouest de l'Angleterre, à plusieurs milles de distance de tout arbre de la même espèce. La lutte des in-

fluences opposées est en vérité si compliquée, que la naturalisation d'une plante n'est qu'un pur effet du hasard, et d'un hasard très-incertain. Les diverses causes qui ont introduit des plantes américaines en Europe ont agi pendant des siècles avant de parvenir à y naturaliser l'*Elodea canadensis*, que je citais tout à l'heure; et cependant l'organisation de cette plante présente des conditions très-favorables, comme le prouve la rapidité extraordinaire avec laquelle elle s'est répandue dans presque toute l'Angleterre, à travers des obstacles qui semblent infranchissables en théorie.

2° *Dépôts de graines.*—On n'a pas assez tenu compte de ce fait, que la dissémination des plantes par graines ou par bourgeons s'opère continuellement, sans résultat efficace dans les circonstances ordinaires, mais dans une proportion énorme. Une des conséquences de cette erreur a été de supposer qu'il existe d'immenses dépôts de graines enfouies à de grandes profondeurs, et prêtes à germer lorsque, après des années ou même des siècles, quelque accident les porte à la surface du sol. « Il faut donc regarder la couche de terre végétale d'un pays comme un *magasin de graines*, au profit des espèces indigènes. » (DC., *Géogr. bot.*, p. 625.) Je traite cette idée de supposition; car bien qu'elle soit presque universellement acceptée comme un fait réel, il me semble qu'elle ne repose que sur des preuves indirectes, quand la preuve directe devrait être si facile à fournir. Je n'ai jamais pu trouver la mention d'un seul cas où l'on ait vu réellement ces magasins de graines; et pourtant ces graines sont loin d'être microscopiques. Voici, je crois, par quelle série de raisonnements on a été conduit à faire cette supposition. — Le sol, quand il est mis à nu par une tranchée de chemin de fer, par des fouilles très-profondes, par le labourage etc., se couvre souvent d'une végétation qui diffère de celle des environs, par la proportion ou même par la nature des espèces : nous ne voyons pas comment les graines ont pu y être apportées; elles devaient donc être dans le sol. D'ailleurs les matières végétales s'altèrent lentement, quand elles sont profondément enfouies; et d'autre part on a vu germer des graines vieilles de plus d'un

siècle : il n'y a donc rien d'improbable à ce que les graines enfouies dans la terre conservent leur vitalité pendant un temps indéfini. — Mais ni les prémisses ni la conclusion de ce raisonnement ne me semblent à l'abri des objections. S'il est vrai que la décomposition des matières végétales est retardée quand elles sont profondément enfouies, et par conséquent moins exposées aux causes qui déterminent leur pourriture près du sol, néanmoins il n'y a qu'une seule condition dans laquelle ces matières puissent se conserver indéfiniment, c'est celle d'une dessiccation complète, que le sol ne peut leur donner. Les graines vieilles de cent ou cinquante ans qu'on a fait germer, avaient été bien séchées, et toujours conservées dans l'air sec d'un muséum. Quant à celles qui sont enfouies dans le sol, il est difficile de comprendre que de nombreux changements de saison puissent se succéder sans les exciter plus ou moins à entrer en végétation, sans amener leur décomposition ou l'infiltration de substances inorganiques qui détruiraient leur vitalité. Toutes les expériences prouvent que dans un lot de vieilles graines, quelque bien conservées qu'elles soient, plus les graines sont anciennes, moins on en trouve qui aient le pouvoir de germer ; si donc une seule pelletée de terre prise dans un dépôt de graines enfouies depuis longtemps pouvait donner naissance à une multitude de jeunes plantes, les graines mortes mêlées avec celles qui sont encore vivantes devraient être beaucoup trop nombreuses pour échapper à la vue. Sans doute nous ne sommes pas en droit de nier qu'il puisse exister de ces dépôts de vieilles graines, tant mortes que vivantes ; mais il est difficile d'y croire sans en avoir la preuve directe, et nous recommandons vivement cette vérification aux naturalistes qui auraient occasion de la faire (1). Je

(1) L'observation directe n'a donné jusqu'ici, à ma connaissance, que des résultats négatifs. En voici un exemple, que je tiens du docteur Hooker. En creusant le lac du jardin de Kew, on mit à découvert le lit d'une ancienne pièce d'eau, qui se couvrit d'une grande quantité de *Typha*. Cette plante ne croissant pas dans le voisinage immédiat, on en conclut que les graines devaient s'être trouvées dans le sol. Pour s'en assurer, le docteur Hooker fit prendre de la terre à côté de celle qui avait produit le *Typha*, et en remplit six caisses de Ward, qu'il surveilla soigneusement ; mais pas un seul pied de *Typha* ne leva.

n'ignore point d'ailleurs qu'on trouve souvent une grande quantité de bonnes graines au fond d'un puits ou dans la vase d'un étang; mais il est probable qu'elles y sont tombées très-récemment, et je doute fort qu'après une année révolue, il puisse y en avoir beaucoup, s'il en reste, qui ne soient ou mangées, ou germées, ou pourries.

3° *Espèces disjointes.* — M. De Candolle a rassemblé un grand nombre de faits curieux et intéressants sur les espèces dispersées ou disjointes. Mais cette importante question réclamerait de nouveaux développements, parce qu'on a fait depuis lors des observations beaucoup plus nombreuses, et surtout parce qu'il faudrait y comprendre des groupes un peu plus élevés que l'espèce dans le sens très-restreint qu'on donne aujourd'hui à ce mot. La dispersion des espèces correspondantes ou groupes d'espèces liées par une étroite affinité, si bien étudiées par M. Hooker, A. Gray et quelques autres, nous en apprend bien plus sur l'histoire générale de la distribution des plantes que les formes absolument identiques éparses sur des points éloignés du globe. Car pour ces dernières, quoiqu'elles soient beaucoup plus nombreuses que ne le croyait M. De Candolle, on peut souvent supposer que leur dispersion est plus ou moins récente, que ce sont de ces épaves pour lesquelles Wallace, dans son dernier ouvrage, veut introduire les termes de «*jetsam* ou *flotsam* », mots barbares de jurisprudence, qui, j'espère, ne seront pas adoptés. Dans l'ancienne doctrine qui attribuait toute race distincte à une création spéciale et complète, il suffisait d'observer la moindre différence entre deux formes analogues provenant de différentes parties du globe, pour conclure qu'elles avaient été créées séparément, ce qui mettait la question d'origine hors de discussion. Aujourd'hui les observations et les théories de Darwin ont jeté sur ces faits un jour nouveau. Les aires disjointes des sous-espèces ou variétés absolument identiques peuvent encore s'expliquer dans beaucoup de cas par un transport dont la date serait relativement moderne. Mais il n'en est pas de même des cas que je vais citer. Par exemple, les genres du nord-est de l'Amérique, *Illicium*, *Schizandra*, *Menispermum*, *Caulophyllum*, *Thermopsis*,

Podophyllum, *Amphicarpæa*, *Apios*, *Penthorum*, *Hamamelis*, *Diervilla*, *Phryma*, *Pyrularia*, et beaucoup d'autres, ont des représentants dans le nord-est de l'Asie.—Les genres mexicains ou californiens, *Microlotus*, *Hoffmanseggia*, *Strombocarpus*, *Melasma*, *Chorizanthe*, *Oxytheca*, etc., tous représentés dans l'Amérique méridionale extratropicale ; — ceux des Andes, *Caltha*, *Drimys*, *Colobanthus*, *Acæna*, *Eucryphia*, *Fuchsia*, *Gunnera* *Azorella*, *Huanaca*, *Crantzia*, *Abrotanella*, *Pernettya*, *Gaultheria*, *Ourisia*, etc., se retrouvent dans la Nouvelle-Zélande, la Tasmanie ou la province de Victoria. — Les *Cadaba*, *Cochlospermum*, *Polycarpæa*, *Adansonia*, *Melhania*, *Zygophyllum*, *Cassia pictæ*, *Pterolobium*, *Erythrophlæum*, etc., de l'Afrique tropicale, reparaissent en Australie. Je citerai encore les trois formes de *Wulfenia*, dont chacune occupe une aire restreinte, l'une en Carinthie, une autre en Asie Mineure, et la troisième dans l'Himalaya ; — les trois légères variétés du Cèdre, réparties entre l'Himalaya, le Liban et l'Atlas ; — le *Pinus excelsa* de l'Himalaya, qui est identique avec le *Pinus Peuce* de la chaîne du Scardus. Tous ces faits, et quantité d'autres semblables, jettent une vive lumière sur l'histoire des premiers âges du globe ; ils suggèrent l'idée d'une communauté d'origine, remontant à une époque où une partie au moins des barrières actuelles ne devait pas exister. On peut même supposer des connexions encore plus anciennes, d'après la corrélation que présentent des groupes encore plus élevés, tels que les Restiacées, Protéacées, Éricacées, Diosmées, etc., du sud de l'Afrique, qui sont représentées par des groupes correspondants, quoique différents, dans l'Australie.

Nous avons aujourd'hui, dans les herbiers et les livres, une masse considérable de documents sur ces espèces ou groupes d'espèces disjointes ; mais on a très-rarement réuni ces documents sous une forme méthodique. Je crois que ce serait un travail très-utile et très-intéressant pour de jeunes monographes que de prendre quelque grand genre ou autre groupe naturel à aire très-étendue, d'en comparer les subdivisions naturelles et géographiques depuis le sous-genre jusqu'à l'espèce et à la va-

riété; d'examiner les différentes valeurs et les diverses combinaisons que présentent les caractères individuels dans des pays différents; enfin de déterminer l'influence des conditions physiques sur l'abondance ou la rareté des individus, sur la variabilité ou la fixité des races secondaires, sur la permanence ou la disparition des irrégularités accidentelles, etc. La comparaison d'un certain nombre de ces monographies, faites à divers points de vue sur différents groupes de plantes, contribuerait sans aucun doute à dissiper une partie de l'obscurité qui règne encore sur l'histoire de la végétation.

Je dois ajouter que l'utilité pratique d'un ouvrage, comme celui où M. De Candolle a réuni des détails si nombreux et si variés, serait certainement plus grande si l'auteur ne s'était pas borné, en fait de tables, à donner celle des espèces citées. C'est une addition facile à faire dans une nouvelle édition, et l'on ne saurait à cet égard suivre de meilleur modèle que les tables si complètes insérées par sir Lyell et par Darwin dans leurs principaux ouvrages.

Après M. De Candolle, et indépendamment des grands ouvrages de Darwin dont j'ai longuement parlé dans mes discours de 1863 et 1868, c'est à M. Hooker que nous devons la première addition importante à l'étude de la géographie botanique. Son *Introduction à la Flore de Tasmanie* a paru en même temps que l'ouvrage de Darwin sur l'origine des espèces; mais il avait une connaissance générale des observations et des idées de son ami. Des principes généraux qu'il a posés dans les paragraphes 2, 3, et 4 de son livre, ont obtenu peu à peu, je crois, l'adhésion complète de la plupart des naturalistes à vues philosophiques. Il pourrait seulement y avoir aujourd'hui quelque chose à changer dans certaines propositions, ou plutôt suppositions, d'importance secondaire, et M. Hooker serait le premier sans doute à accepter ces changements; car la science a fait de grands progrès pendant les dix ans qui se sont écoulés depuis la publication de son ouvrage. Je crois, par exemple, que ce qu'il dit des rapports de la variabilité et de la fixité des espèces avec la complexité de leur structure, avec l'étendue plus ou moins grande des genres, etc., n'a pas été complétement confirmé par les

observations subséquentes. La variabilité me paraît, comme d'autres caractères constitutifs, d'abord purement individuelle ; si les circonstances extérieures en favorisent le développement, elle peut devenir plus ou moins héréditaire, et par conséquent spécifique, ensuite même générique, mais à un très-faible degré : elle peut d'ailleurs être extraordinairement développée dans tout genre qui renferme des espèces susceptibles de vivre dans des conditions propres à provoquer la variation — ce dont j'aurai à reparler tout à l'heure. M. Hooker cite les trois genres *Veronica*, *Campanula* et *Lobelia*, comme étant de ceux où les espèces sont relativement stables. Cependant les Véroniques frutescentes de la Nouvelle-Zélande, presque toutes les espèces australiennes du même genre, les *V. spicata*, *V. Teucrium* et autres formes voisines qui habitent l'Europe, les Campanules du groupe du *Campanula rotundifolia*, les *Lobelia* du sud de l'Afrique, la section *Siphocampylus* dans les *Lobelia* américains, offriraient autant de formes variées s'enchaînant d'une manière inextricable, que nos Roses et que nos *Rubus*, si on les étudiait dans le même esprit; et d'autre part nous trouvons dans ces deux derniers genres des espèces, comme le *Rosa berberifolia*, le *Rubus Chamæmorus*, etc., qui dans les conditions actuelles sont aussi distinctes et aussi invariables qu'aucune espèce de Véronique, de Campanule ou de *Lobelia*.

En traitant de la complication relative et du développement progressif des végétaux (*Intr. Essay*, p. xxiv), M. Hooker montre très-bien les incertitudes de la science et la diversité des conclusions qu'on peut tirer des mêmes faits. Cette question a été depuis lors le sujet de longues discussions. Quelques-unes des idées généralement admises ont été combattues par Hæckel, Delpina, et d'autres savants étrangers sectateurs de Darwin. En outre, sir Lyell, dans le neuvième chapitre des *Principles of Geology* (dixième édition), a donné un excellent exposé général du développement progressif des êtres, tel que nous le connaissons aujourd'hui. Je me bornerai à vous rappeler ce qui suit. — L'idée vague d'une progression graduelle semble avoir été admise par presque tous les naturalistes : — les uns, qui se déclarent dis-

ciples de Lamarck ou de Darwin, y voient en effet de la variation; les autres, partisans de l'immutabilité des êtres, admettent des créations de plus en plus parfaites, se substituant aux races éteintes. — Dans les plantes, la progression s'élève des Acotylédones les plus simples aux plus compliquées, puis aux Monocotylédones, et enfin aux Dicotylédones supérieures, c'est-à-dire aux Renonculacées suivant quelques-uns, aux Composées suivant d'autres. — Chez les animaux, elle part des *Protista* de Hæckel, s'élève aux Vers, aux Mollusques, aux Insectes et autres Invertébrés, puis aux Reptiles vertébrés, aux Poissons, aux Oiseaux, aux Mammifères, et atteint dans l'Homme son point culminant. Mais cette doctrine du développement progressif, si conforme qu'elle soit aux faits observés, ne doit être acceptée qu'avec des restrictions importantes. Il ne faut pas croire que les races actuelles de plantes ou d'animaux dont l'organisation est la plus élevée, aient passé par aucune des formes plus simples que nous voyons aujourd'hui, comme par des phases nécessaires de leur existence ; — que nos Champignons ou nos Mousses aient donné naissance à nos Monocotylédonées actuelles, ou que celles-ci à leur tour se soient jamais changées en Dicotylédonées. Au contraire, on pourrait peut-être affirmer sans crainte de se tromper, que si toute race actuellement fixée — classe, genre ou espèce bien tranchée — est une modification d'une autre (modification progressive, en comprenant le progrès dans le sens relatif et non absolu), elle dérive généralement d'une race préexistante, mais non contemporaine. M. Hooker a insisté sur ce fait que quand deux races ont divergé au point de devenir des espèces fixées, — de ne plus pouvoir se féconder réciproquement, — elles sont toutes deux tellement modifiées, que l'une ne pourra plus reproduire exactement l'autre. On ne peut donc pas dire en thèse générale que les races existantes sont le résultat de la progression d'autres races existantes qui continuent leur évolution ; mais les unes et les autres peuvent dériver de la progression d'une race antérieure. Et cette progression peut avoir été graduelle ou soudaine, très-ancienne ou relativement récente, suivant la disposition in-

dividuelle de la race. La variabilité et la variation, la progression, la dégénérescence, la durée, diffèrent énormément dans les races comme dans les individus, en conséquence des relations très-compliquées qui existent entre les conditions extérieures, physiques ou sociales, et leur constitution intérieure. L'observation conduit à admettre (quoique je ne puisse en fournir de preuve directe), qu'il se produit des variétés héréditaires bien marquées, dans les plantes sauvages aussi bien que dans les plantes cultivées; que les unes disparaissent après quelques générations, uniquement parce que les individus ne sont pas assez nombreux pour surmonter les causes incessantes de destruction auxquelles ils sont exposés; mais que d'autres continuent à croître en nombre et en puissance pendant un temps illimité, jusqu'à ce qu'enfin elles soient arrêtées par quelque obstacle et succombent à leur tour. Sir Ch. Lyell a fait voir que certaines races des temps primitifs sont arrivées dans le cours des âges à des dimensions gigantesques ou à un degré de développement qu'aucune race de la même classe n'atteint aujourd'hui, et qu'elles ont fini néanmoins par disparaître complétement. D'autres, au contraire, notamment parmi ces mollusques et ces insectes dont les échantillons récents et fossiles sont identiques, et parmi les plantes dont les aires sont très-disséminées ou isolées, n'ont évidemment subi aucun changement pendant les siècles innombrables qui séparent les diverses périodes géologiques. Cette différence dans la variabilité tant constitutionnelle qu'accidentelle, ne doit jamais être perdue de vue dans l'examen des causes qui ont déterminé la répartition actuelle de ce qu'on nomme régions de végétation et centres d'espèces.

Ces « régions de végétation » et ces « centres d'espèces » sont depuis longtemps un sujet d'étude pour les botanistes. L'observation la plus superficielle suffit pour montrer que chaque contrée a sa flore particulière, chaque espèce sa distribution spéciale; et l'on a essayé maintes fois de tracer des régions botaniques naturelles, par opposition aux limites politiques qui servent habituellement de cadre aux flores des divers pays. Le travail que l'on regarde généralement comme le meilleur sur

ce sujet, est celui de Schouw, qui a paru dans le huitième volume du *Linnæa*, 1833; plusieurs essais analogues, y compris celui que j'ai publié moi-même presque en même temps que Schouw, sont cités par M. De Candolle dans le vingt-cinquième chapitre de sa *Géographie botanique*. M. De Candolle fait remarquer avec raison que les diverses flores empiétant les unes sur les autres, il en résulte un enchevêtrement si compliqué, qu'il est impossible d'assigner à ces régions des limites précises. La tentative a cependant été renouvelée dans les *Mittheilungen* de Petermann, par M. Grisebach, à qui nous devons plusieurs mémoires importants sur la géographie botanique, et notamment sur les progrès de cette science. Cet auteur divise le globe terrestre en vingt-quatre régions botaniques, basées sur l'état physique et climatologique actuel; il ne tient aucun compte des régions établies d'après l'origine et l'histoire, ou des centres de créations, comme il continue encore à les appeler; car il trouve ceux-ci beaucoup trop compliqués pour pouvoir être distribués par régions. Toutefois les régions physiques de végétation semblent être dans le même cas : comme les régions basées sur l'origine des races, elles sont souvent dispersées sans ordre dans diverses contrées, ou vaguement limitées quand elles s'étendent uniformément sur un vaste territoire, ou brusquement interrompues quand elles rencontrent un océan ou quelque autre barrière infranchissable. Les flores des régions arctique et méditerranéenne, de la mer Blanche et de la mer Noire, sont sans doute très-différentes; mais le changement est si graduel, le voyage d'Archangel à Yalta serait si monotone sous ce rapport, qu'on ne pourrait fixer à cent milles près le point où l'on quitte les glaces du Nord, où l'on franchit les limites de l'Europe, de la Sibérie ou de la région des steppes, où l'on entre enfin dans le climat tempéré du Midi. De même aussi les flores du Portugal et de la Dalmatie, ou celles du détroit du Roi George et de Moreton-bay, qui sont comprises dans une même région botanique, diffèrent évidemment plus l'une de l'autre que les flores du centre de l'Espagne et du centre de la France, ou que celle de Timor et de la côte australienne qui

lui fait face, quoique celles-ci soient placées dans des régions séparées.

On ne peut douter néanmoins qu'il n'y ait des régions de végétation, dépendantes des circonstances physiques et climatologiques, ce qui détermine surtout l'aire des espèces et des variétés, — et des régions botaniques provenant de la communauté d'origine, d'où résulte la distribution des races supérieures, groupes d'espèces ou genres. C'est par l'effet combiné de ces deux causes, partout où leur action réciproque a pu s'exercer uniformément pendant une longue période de repos géologique et à l'abri de barrières infranchissables, que tant d'espèces, de genres, ou même de familles naturelles, ont été produits graduellement ou introduits dans certaines contrées et s'y sont maintenus, tandis qu'ils n'ont jamais paru dans d'autres ou ont fini par s'y éteindre, en sorte que chaque contrée a pris un caractère botanique spécial; et ainsi se sont formées des régions réelles, extrêmement inégales sous le rapport de l'étendue, de la précision des limites, du degré de spécialisation (de la netteté du caractère), régions qu'il est d'ailleurs fort instructif d'examiner et de comparer entre elles, et qu'il faut par conséquent nommer et décrire. Nous devons admettre aussi que toute race descend probablement d'un seul individu ou d'un couple d'individus, et par conséquent qu'elle a pris naissance sur un point unique; mais il ne faut pas oublier non plus qu'elle a pu se répandre au loin pendant de longues années ou de longs siècles avant de devenir enfin différente — peut-être dans des conditions et des contrées autres que celles où elle était née : — c'est donc une pure illusion que d'imaginer des centres généraux de création d'où la flore entière d'une région serait sortie peu à peu.

Nous n'avons jusqu'ici aucune espèce de documents sur l'origine première de la végétation, celle des grandes races de plantes; aussi ne dirai-je rien des tentatives qu'on a faites pour en tracer l'histoire hypothétique. Mais si nous prenons pour point de départ quelque ancienne période, telle que celle de la craie supérieure (où les classes et les familles principales du monde

végétal actuel sont, d'après sir Ch. Lyell, pleinement représentées), nous pourrons, en combinant les recherches géologiques et biologiques, jeter beaucoup de lumière sur le lieu d'origine, l'âge relatif et les migrations d'un grand nombre de races secondaires, groupes d'espèces, espèces ou variétés. Si la plupart des types généraux ou races principales (classes et familles) étaient les mêmes que ceux de nos jours, il en existait pourtant alors quelques-uns qui sont éteints maintenant; et d'autres, qui existent aujourd'hui n'étaient peut-être pas encore formés à cette époque. A mesure que nous descendons aux groupes inférieurs (genres), nous trouvons les races éteintes et celles de formation nouvelle plus nombreuses proportionnellement à celles qui ont persisté; et quand nous arrivons jusqu'aux espèces et aux variétés, nous voyons presque toutes les formes anciennes remplacées par des formes nouvelles, quoiqu'il puisse y avoir quelques espèces, même en prenant ce mot dans son sens le plus étroit, dont l'identité se soit maintenue. Depuis cette époque jusqu'aujourd'hui, les races ont généralement continué à varier sans cesse, pour le nombre et la distribution géographique comme pour le caractère et la constitution : cette variation s'accomplit suivant des lois qui sont probablement constantes, mais que leur complication rend très-difficiles à découvrir, et que nous sommes souvent obligés de désigner comme de simples hasards. Quelques races, douées d'une grande puissance de multiplication, soit par graines, soit par bourgeons, soit par ces deux moyens à la fois, ont pu naître ou être apportées dans une région qui leur était particulièrement favorable; ou bien elles avaient, parmi d'autres qualités constitutionnelles, la faculté de s'adapter à des conditions très-diverses, tant physiques que sociales. Celles-là doivent s'étendre plus ou moins rapidement sur de vastes espaces, se mêler aux races préexistantes ou les remplacer, et se maintenir en nombre immense pendant des années, des siècles ou de longues périodes géologiques, jusqu'à ce qu'il survienne quelque légère modification physique, que leur nourriture préférée devienne moins abondante, qu'il se fasse quelque autre changement dans les circonstances extérieures, peut-être même que leur con-

stitution propre subisse un affaiblissement. Dès lors l'équilibre sera dérangé, leurs progrès dans la lutte générale seront arrêtés ; elles devront succomber plus ou moins complétement devant de nouveaux compétiteurs, se réfugier sur des points isolés où elles trouveront quelque protection spéciale contre leurs ennemis, ou enfin disparaître entièrement de la scène. D'autres races, qui ne se multiplient que lentement, ou qui ont besoin de conditions extérieures toutes spéciales, mais chez lesquelles la vitalité individuelle est très-tenace, peuvent, si elles sont placées dans un pays accidenté, où elles trouvent plus d'abri et des ennemis moins nombreux, se perpétuer indéfiniment par quelques individus sur des points isolés, sans changement dans leur station, sans modification dans leurs caractères. Les jeunes races luttent ainsi contre les vieilles, les unes par leur multiplication rapide, les autres par leur résistance individuelle, et c'est le succès plus ou moins grand de cette double lutte qui détermine l'aire plus ou moins étendue des espèces et des variétés, qui imprime à la végétation d'une contrée un caractère varié et local, ou lui donne au contraire un aspect uniforme et cosmopolite.

Les races qui se propagent lentement, mais dont les individus durent longtemps, pourront le mieux se conserver dans un pays accidenté, où les aires sont petites et séparées par des obstacles insurmontables. Je ferai remarquer cependant que, même sur un territoire vaste et uniforme, quelques-unes d'entre elles pourront probablement se maintenir parmi les races à multiplication rapide, peut-être même leur survivre, et nous transmettre ainsi, dans leurs stations primitives ou dans le voisinage, quelques restes épars d'une végétation détruite partout ailleurs. C'est surtout d'après ces considérations que je serais porté à regarder les contrées qui renferment beaucoup d'espèces locales très-différentes, non pas comme des centres de création, mais plutôt comme des aires de conservation ; car la longue durée de circonstances physiques à peu près semblables aux circonstances actuelles, a pu, tout aussi bien que l'isolement, leur donner ce caractère. L'isolement peut contribuer beaucoup à fixer une race, mais ce n'est pas un élément indispensable, et

il pourrait n'avoir qu'une importance secondaire pour la maintenir quand elle est fixée.

Divers zoologistes modernes ont proposé de répartir les races qui habitent le globe en trois à cinq types géographiques ; mais les botanistes ne semblent pas avoir fait usage, jusqu'ici, de cette division, sauf quelques indications générales données par M. Hooker et d'autres. A cet égard, on arrivera probablement à reconnaître que les grandes régions botaniques et zoologiques concordent dans leur disposition générale, en tenant compte toutefois de ce que les végétaux sont d'origine plus ancienne et se répandent plus facilement que les animaux supérieurs. Je proposerai la division suivante : — Un type septentrional, caractérisé par ses Conifères à feuilles aciculaires (*Nadelholz*), les Amentacées, Renonculacées, Crucifères, Trifoliées et autres races herbacées, répandu aujourd'hui sur l'Europe, le nord et le centre de l'Asie, et une partie de l'Amérique du Nord, a été très-anciennement séparé en deux par l'irruption de l'océan Pacifique septentrional et le soulèvement des montagnes Rocheuses. — Un type tropical, à Polypétales arborescentes et à Monocotylédonées gigantesques, séparé plus anciennement encore entre l'Asie et l'Amérique. — Enfin, un type austral, dont l'unité primitive est indiquée par les Restiacées, Protéacées, Éricacées, Papilionacées à feuilles simples, Diosmées, etc., mais qui est devenu depuis longtemps hétérogène, tant par la grande dissemblance des races secondaires issues de ces races supérieures que par la prédominance exclusive en Australie des Myrtacées et de plusieurs autres groupes moins importants. Ces trois types paraissent concorder plus ou moins exactement avec les divisions nord et sud de M. Huxley, est et ouest de M. Sclater, et avec les trois faunes primaires de M. Gabriel Koch.

Dans le type septentrional, il semble qu'on trouve l'indice d'une ancienne continuité de la végétation, qui se modifiait graduellement du nord-est de l'Amérique au nord-est de l'Asie, à peu près comme celle qui s'étend aujourd'hui de l'est de l'Asie à l'ouest de l'Europe. Après la séparation des deux conti-

nents que j'ai mentionnée plus haut, la divergence des flores primitivement identiques, divergence que l'éloignement seul suffirait à produire même sans la disjonction, a été encore accrue par l'isolement. Quelques races américaines se sont maintenues en Asie, notamment dans le Japon, la Mandchourie, l'Himalaya, et, comme le *Phryma*, ont conservé une identité complète ; d'autres, en plus grand nombre, se sont légèrement modifiées, de manière à produire ces variétés géographiques ou espèces correspondantes, si bien étudiées par M. Asa Gray. Des races d'un ordre plus élevé, des genres comme l'*Astragalus*, se sont multipliés abondamment sur les deux continents : leurs espèces boréales et alpines ont gardé une certaine ressemblance ; mais la divergence est plus marquée dans celles qui habitent des contrées plus chaudes, probablement parce que leurs aires ont été plus longtemps disjointes, ou qu'elles ont été dispersées dans les deux hémisphères indépendamment les unes des autres sans avoir de communication ultérieure. D'autres genres, comme les *Eupatorium*, *Aster*, *Phlox*, *Solanum*, etc., largement représentés en Amérique, ont transmis ou produit dans l'est de l'Asie un petit nombre d'espèces qui diminuent de plus en plus à mesure qu'on se dirige vers l'ouest, et finissent par disparaître ; quelques-unes seulement, peu différentes de celles d'Amérique, atteignent l'Europe occidentale. D'autre part les genres européens-asiatiques, nos Crucifères, Caryophyllées, Lotées, Ombellifères, etc., qui se sont tant multipliées de ce côté de l'océan Pacifique, paraissent n'avoir laissé que peu de représentants en Amérique, et ceux-ci sont beaucoup plus profondément modifiés que les races américaines qu'on retrouve en Asie. Mais cette partie du sujet réclamerait une étude beaucoup plus détaillée pour qu'on pût arriver à des conclusions certaines.

D'où est sortie la principale portion de cette grande flore septentrionale ? Est-ce de la Scandinavie, du nord de l'Asie ou du Caucase ? Nous n'avons presque aucune donnée pour résoudre cette question. Seulement, comme le remarque M. Hooker, il est probable que cette flore est une des plus anciennes et de

celles qui ont le plus d'extension ; car elle a parcouru à diverses époques une grande partie du globe. Les observations de M. Lesquereux (citées par A. Gray), de même que les recherches récentes de M. Oswald Heer et de quelques autres, prouvent qu'elle remontait fort loin au nord pendant la période de chaleur qui a précédé l'époque glaciaire; elle a dû être ramenée lentement vers le sud quand l'époque glaciaire est survenue ; et alors, ou dans une ou plusieurs autres périodes, elle a dû pour quelque temps s'étendre sans interruption, sur deux lignes au moins, jusque dans l'hémisphère austral; car les traces qu'elle a laissées, surtout dans les plantes herbacées et celles des montagnes, sont encore reconnaissables dans les montagnes de l'Asie tropicale, au moins jusqu'à la péninsule indienne ; — à l'ouest, dans les montagnes d'Abyssinie et les monts Cameroon, sur le continent africain ; — le long des Andes jusqu'à l'extrémité sud de l'Amérique, où cette flore est encore luxuriante ; — et enfin, mais à un moindre degré, dans la Nouvelle-Zélande, la Tasmanie et la province de Victoria. Dans ces diverses migrations, tout en conservant une ressemblance générale, la flore dut subir des changements continuels, perdant d'une part les espèces et autres races dont l'aire et les moyens de multiplication étaient limités, quand les conditions d'habitation ne leur convenaient plus, et d'autre part formant peu à peu des races nouvelles, quand un isolement longtemps prolongé ou d'autres circonstances nécessaires en favorisaient la production.

Outre la grande dispersion de cette flore à l'est et à l'ouest de l'océan Pacifique, la longue durée des mêmes conditions physiques et climatologiques, agissant de concert avec des causes génératrices, a donné naissance à trois types secondaires distincts : — celui de la région froide, ou alpin-arctique ; celui de la région chaude, ou méditerranéo-caucasien, et celui de la région intermédiaire ou tempérée. Les deux premiers comprennent un grand nombre d'espèces dont les individus se maintiennent avec persistance dans des localités restreintes, et dont les stations actuelles sont évidemment très-anciennes. Le troisième type a une flore beaucoup plus uniforme et plus étendue, qui,

dans beaucoup d'endroits, est d'origine relativement récente, ou, comme on dit, dérivée.

Le type alpin-arctique est le plus remarquable des trois par sa grande étendue et sa dispersion. Il a été, dans ces derniers temps, le sujet de plusieurs travaux, parmi lesquels je citerai l'*Essai* de M. Hooker *sur la flore Arctique*, comme le plus important par l'étude approfondie des détails et les conclusions générales que l'auteur en déduit. Depuis la publication de ce mémoire dans le vingt-troisième volume de nos *Transactions* (1860), on n'y a rien ajouté d'essentiel en ce qui concerne la région arctique proprement dite, la seule où la flore présente encore un certain degré de continuité. Ici encore nous voyons clairement, par l'exemple du Groenland, les effets remarquables que l'isolement amène; car cette contrée, qui avait perdu tant d'espèces durant la période glaciaire, n'en a presque pas regagné depuis que les glaces se sont retirées.

Un autre mémoire important sur la distribution des plantes alpines de la grande chaîne des montagnes européennes, depuis les Carpathes jusqu'aux Pyrénées, a été publié en 1865 par le docteur H. Christ, de Bâle, dans le vingt et unième volume des *Neue Denkschriften*, ou *Nouveaux Mémoires de la Société Helvétique des sciences naturelles.* L'auteur a dressé un tableau de 693 espèces alpines (c'est-à-dire d'espèces qui sont surtout abondantes au-dessus de la région boisée, définition qu'il n'a pas toujours strictement observée), et les a rangées sur vingt-huit colonnes, où il indique leur présence ou leur absence dans les Alpes orientales, centrales et occidentales, et dans huit régions boréales de l'Europe, de l'Asie et de l'Amérique, six de l'Asie centrale, cinq du centre et de l'ouest, et six méditerranéo-caspiennes. Les diverses considérations générales qui résultent de ce tableau sont exposées dans la préface. M. Christ rend pleine justice au mérite du travail de M. Hooker, et suit son exemple sur quelques points. En général il prend l'espèce dans un sens plus restreint que M. Hooker; mais, dans des tableaux de cette nature, la distribution géographique de variétés distinctes ou de races du dernier ordre qui sont suffisamment fixées, est aussi instructive

à certains égards que celle des races supérieures, pourvu qu'il y ait quelque uniformité dans leur appréciation. Relevant l'assertion de M. Hooker que « la flore Arctique considérée dans son ensemble est décidément Scandinavienne, » il condamne cette appellation donnée à la flore entière, et reproche à M. Hooker d'avoir circonscrit ses recherches dans des limites arbitraires, qui ne permettent pas d'établir une comparaison directe entre les deux tableaux, — celui de M. Hooker et le sien. Mais M. Christ s'occupe d'une région dont le principal intérêt consiste dans la précision relative de sa circonscription actuelle, jointe à l'isolement de quelques-unes de ses parties, et il n'avait qu'à en chercher les limites naturelles. M. Hooker, au contraire, dont un des buts était d'exposer les résultats des voyages aux terres Arctiques, embrasse une région qui est surtout instructive par sa continuité relative, son uniformité et la connexion qu'elle a encore avec d'autres régions plus variées. N'étant point limité par des frontières physiques ou climatologiques, soit en Europe, soit en Asie, soit en Amérique, il ne pouvait tracer qu'une ligne de démarcation arbitraire. Dans ces conditions, comme la Scandinavie lui offrait le plus grand nombre des espèces qui paraissent avoir vécu le plus longtemps dans leurs stations actuelles, il l'a choisie comme le meilleur type de la flore générale. D'après les anciennes règles, on l'aurait regardée comme le centre de création des terres Arctiques : aujourd'hui on peut la désigner comme le principal centre de conservation dans les limites du cercle polaire, ce qui est dû peut-être en partie à la structure accidentée du pays, en partie à son climat plus chaud ; car cette dernière circonstance, tout en permettant la croissance de plantes que M. Christ refuse d'admettre dans la flore Arctique, a conservé pendant la période glaciaire certaines espèces des pays froids qui étaient chassées ou détruites partout ailleurs.

M. Christ mentionne les traces d'une ancienne communication alpine entre les Pyrénées et la Scandinavie, différente de celle qui réunissait précédemment les contrées septentrionales et les Alpes. J'en avais parlé moi-même dans un mémoire sur la distribution géographique des plantes de la Grande-Bretagne, mé-

moire dont je vous ai donné lecture dans l'hiver de 1858 à 1859, mais que j'ai supprimé plus tard à la suite de la publication du livre de Darwin sur l'*Origine des espèces*. Beaucoup de faits me semblaient montrer que les trois chaînes des Pyrénées, des Alpes et de l'Himalaya ont été reliées chacune séparément aux contrées septentrionales, tandis que leur végétation alpine n'offre guère d'indices de communications latérales, et cette végétation paraît plus isolée encore dans les montagnes d'Auvergne et dans le Caucase, qui sont situées entre les trois grandes chaînes précédentes. Quant à cette portion de la flore des contrées septentrionales froides qui se retrouve en Afrique, la question de savoir si elle vient de l'Europe occidentale ou de l'Asie sera peut-être plus facile à résoudre quand on connaîtra la végétation de la partie de l'Atlas qui traverse le Maroc.

M. Charles Martins a comparé la flore d'une petite portion de la région Arctique, le Spitzberg, avec celle de quelques points complétement isolés, appartenant à la haute région alpine des Alpes et des Pyrénées. Ce mémoire intéressant, qui a pour titre « La végétation du Spitzberg comparée à celle des Alpes et des Pyrénées », a été publié dans le sixième volume des *Mémoires de l'Académie des sciences de Montpellier*, 1865.

L'histoire et les rapports de la flore Scandinavienne avec celle de la région septentrionale, considérée dans son ensemble, ont été traités par M. Areschoug, dans un mémoire détaillé qui a paru dans les *Transactions de l'université de Lund* pour 1866, et par N. J. Andersson, dans un *Essai sur la végétation de la Suède*. Je ne connais pas le travail original de ce dernier, mais la plus grande partie en est traduite dans le septième volume des *Annales des sciences naturelles*, 5ᵉ série. La conclusion de M. Areschoug, à laquelle se rallie M. Andersson, est celle-ci : La flore Arctique, qui prédominait dans la péninsule Suédoise vers la fin de la période glaciaire, s'est retirée peu à peu dans la partie septentrionale et alpine de la Scandinavie, et continue même à se retirer encore ; la flore actuelle du centre et du sud de la Scandinavie se compose en majeure partie de plantes de l'est et du

nord-est, qui se sont répandues en Europe après la période glaciaire, avant l'invasion du Hêtre en Suède, et auxquelles sont venues se joindre des espèces plus méridionales, arrivées plus tard avec le Hêtre par le Danemark.

Ces questions générales ont été traitées plus ou moins explicitement dans de nombreuses dissertations sur l'aire géographique de plantes appartenant à des portions moins étendues de la grande flore septentrionale. M. Grisebach a donné un bon résumé de plusieurs de ces travaux dans le *Gotha geographische Handbuch*, volume de 1868. Cet auteur toutefois paraît croire encore à des centres de création (ou de formation graduelle) indiqués par les espèces locales, d'où la flore d'une région serait sortie ; il veut bien admettre que les espèces disjointes sont la preuve d'une aire autrefois plus étendue ou d'anciennes communications, mais seulement lorsque ces espèces sont parfaitement identiques ; quant aux espèces correspondantes, c'est-à-dire celles qui, croissant dans des lieux éloignés, sont très-voisines par leurs caractères, il les met tout à fait hors de question, leur ressemblance étant due, selon lui, à la similitude des conditions physiques et climatologiques.

Ces espèces correspondantes, ces races d'un ordre plus élevé que l'espèce prise dans le sens restreint du mot, qui ont des représentants dans deux pays éloignés et sont séparées par un intervalle immense, nous fournissent des enseignements que M. Asa Gray a mis admirablement en lumière dans un remarquable mémoire *Sur la flore du Japon* (*Memoirs of the American Academy of Arts and Science*, vol. VI, new ser.). Ce mémoire était terminé et a même, je crois, été publié avant que M. Darwin eût fait paraître son livre sur l'*Origine des espèces ;* mais l'auteur connaissait, au moins d'une manière générale, les idées de M. Darwin par l'esquisse préliminaire que celui-ci en a donnée dans notre Journal (*Zoologie*, tome III) et que M. Asa Gray cite à la page 443. Aucun document nouveau n'est venu, que je sache, infirmer ses conclusions sur l'origine et les phases de la connexion dont j'ai parlé plus haut entre le Japon et le nord-est de l'Amérique, d'une part, le Japon et l'Asie, d'autre part.

M. Miquel, après avoir terminé ses *Prolusiones Floræ japonicæ*, a publié deux mémoires (dans les *Verslagen en Mededeelingen* de l'Académie royale des sciences d'Amsterdam pour 1866, et dans les *Archives Néerlandaises* de 1867) sur les rapports de la flore japonaise avec celles d'autres pays. Des recherches postérieures au travail de M. Asa Gray lui ont permis d'étendre la liste des plantes du Japon qui se retrouvent sur le continent asiatique; mais il n'apprécie pas à sa juste valeur leur connexion avec celle du nord-est de l'Amérique, parce qu'il laisse de côté toutes les espèces qui ne sont pas absolument identiques. Il cite comme des espèces dont l'habitation est séparée par un grand intervalle, le Hêtre et le Châtaignier, qu'on trouve au Japon et dans l'Asie occidentale ou en Europe; il énumère en outre quelques autres espèces disjointes, qui croissent au Japon et dans les pays situés à l'ouest de l'Oural. Ces dernières toutefois sont des plantes qui pourraient avoir été introduites récemment au Japon ; et quant au Hêtre et au Châtaignier, ils ont certainement, dans les parties tempérées et méridionales de l'Europe, un caractère plutôt oriental qu'occidental. Il y n'a rien, d'ailleurs, dans le mémoire de M. Miquel, qui contredise l'idée suggérée par M. A. Gray (idée qui s'était aussi présentée à mon esprit, mais qui n'est encore appuyée que sur des observations très-insuffisantes), que les migrations des races végétales tendent généralement à se faire de l'est à l'ouest, plutôt que de l'ouest à l'est. M. Grisebach exprime une opinion analogue dans son mémoire sur les régions de végétation, que j'ai cité plus haut (*Petermann's M ttheilungen*). Peut-être pourrait-on rattacher ce fait à la rotation du globe sur son axe, dont M. von Baer admet l'influence, à ce que m'a dit le docteur Hooker, sur la direction des fleuves de Sibérie.

Un fait qui ressort des mémoires de M. Miquel, c'est que le Japon, avec son climat si varié, qui s'étend sur plus de 13 degrés de latitude, sa structure accidentée, son ancienneté probable, doit être regardé, d'après les nombreuses espèces locales qu'il renferme, comme un grand centre de conservation pour les espèces de la grande flore septentrionale, et aussi pour une

portion de la flore tropicale de l'Asie. On retrouve un autre grand centre de conservation de la flore septentrionale dans plusieurs parties de la région méditerranéo-caspienne, notamment sur le revers méridional des Alpes, dans les âpres montagnes du sud du Caucase, etc.

La géographie des deux grandes branches de la flore tropicale, la branche asiatique (renfermée entre le nord-est de l'Australie, l'Himalaya et le Japon) et la branche américaine, présente le plus grand intérêt ; mais elle n'a pas encore été traitée à un point de vue général. Nous avons beaucoup de matériaux dans nos herbiers ; mais il nous manque une flore complète d'un pays tropical de quelque étendue. M. Miquel a publié celle de l'Inde hollandaise ; malheureusement, le vague et l'irrégularité qu'il apporte dans l'appréciation critique des espèces, dans l'admission des unes et l'exclusion des autres, ne permettent guère d'en tirer parti pour la géographie botanique. L'excellent catalogue des plantes de Ceylan par M. Thwaites ne comprend qu'une région isolée ; et ce qui serait surtout intéressant, ce serait la comparaison de cette végétation si riche avec celle d'autres parties de l'Asie tropicale, dont la flore n'est pas encore faite. Martius a terminé à peine la moitié de sa grande *Flore du Brésil*, et les premières parties de cet ouvrage ont déjà plus de vingt ans de date ; en outre, les divers auteurs qui y ont travaillé avaient des idées très-différentes sur la valeur des espèces. Il faudrait donc faire un immense travail de détail pour établir une comparaison générale entre la végétation tropicale de l'Asie et celle de l'Amérique. D'après ce que nous savons toutefois, la ressemblance entre les deux flores ne se montre que dans quelques-unes des races supérieures, familles naturelles et grands genres ; les genres peu étendus et les espèces, plusieurs même des groupes supérieurs, sont complétement différents : ou, si l'on trouve un petit nombre d'espèces identiques, les unes, de structure ligneuse ou arborescente, comme les *Entada*, *Gyrocarpus*, etc., sont en général des plantes plus ou moins maritimes, qui peuvent avoir traversé l'Océan depuis qu'il a pris sa configuration actuelle ; les autres sont de mauvaises herbes extrêmement répandues, qui

ont pu se disséminer plus facilement encore, dans les conditions présentes, sur toute l'étendue de la zone tropicale.

Ce qu'il y a de plus embarrassant dans la végétation tropicale, c'est celle de l'Afrique, qui semble être très-ancienne et avoir conservé beaucoup d'espèces dont les individus se maintiennent avec persistance : ces espèces forment des chaînons intermédiaires entre des races qui ont divergé au loin en Asie ou en Amérique. A mesure que la végétation de l'Afrique tropicale a été mieux connue, on y a découvert un plus grand nombre de types asiatiques; mais cependant il existe, même dans l'intérieur, un certain nombre de types américains, dont la présence est un problème qui n'a pas encore été résolu, et qui ne le sera probablement pas avant l'achèvement de l'importante Flore publiée en ce moment par M. Olivier et d'autres savants.

Les flores des contrées froides ou tempérées de l'hémisphère sud et leur connexion géographique ont été étudiées d'une manière beaucoup plus complète, principalement par M. Hooker dans ses trois grandes Flores australes et dans les *Introductory Essays* qui y sont joints. Nous avons aussi de nombreux matériaux à consulter dans le *Flora Capensis* de Harvey et Sonder (ouvrage très-avancé, quoique encore incomplet), et dans le *Chloris Andina* de M. Weddell. Les principaux types que présente cette végétation peuvent être classés de la manière suivante :

1° Une flore des Andes, renfermant quelques membres du grand type septentrional, mais ayant un plus grand nombre de genres qui lui sont propres, tels que les *Fuchsia*, *Gaultheria*, *Calceolaria*, *Ourisia*, et beaucoup d'autres. S'étendant plus ou moins sur toute la longueur de la chaîne, elle offre actuellement une courte interruption produite par la dépression de l'Amérique centrale; elle envoie quelques espèces fort loin au nord dans l'Amérique occidentale, et des ramifications peu nombreuses pénètrent même dans l'est de l'Asie; à son extrémité sud, elle traverse l'Océan jusqu'à la Nouvelle-Zélande, et on la retrouve encore, mais représentée par un plus petit nombre d'espèces, dans la Tasmanie et les montagnes de Victoria.

2° Une flore de régions moins froides, mais également extra-tropicale, peu nombreuse en espèces, mais souvent représentée à de grandes distances par des espèces très-analogues appartenant à de petits genres distincts. Elle se retrouve au Mexique, en Californie, dans la république Argentine, dans le sud de l'Afrique et en Australie. Il y a plus d'espèces analogues dans le nord du Mexique et la république Argentine, ou dans la république Argentine et le sud de l'Afrique ou l'Australie, qu'il n'y en a dans ces deux dernières contrées.

3° La flore bien connue de l'Australie. Elle est presque locale, n'a que de faibles rapports avec celle de la Nouvelle-Zélande, et offre quelques traces d'anciennes ramifications qui se prolongeaient au nord, dans certaines parties de l'archipel Indien : un très-petit nombre d'espèces, peut-être d'introduction récente, s'avancent jusque dans la Chine et le Japon.

4° La flore du sud de l'Afrique, extrêmement variée dans ses étroites limites et peut-être la plus riche connue, en proportion de son étendue. Plusieurs des genres caractéristiques, renfermant des centaines d'espèces, qui habitent le sud-ouest, disparaissent entièrement ou presque entièrement à Port-Natal, sur la côte orientale, et n'atteignent pas le tropique au nord-ouest. Elle n'a aussi que de très-faibles rapports avec d'autres flores : l'analogie éloignée qu'elle présente avec celle d'Australie se borne aux familles naturelles et autres races d'un ordre très-élevé, et elle est représentée par un petit nombre d'espèces isolées dans l'Amérique du Sud extratropicale. Il n'y a qu'une flore dont elle soit voisine, et j'entends voisine au point de vue de la communauté d'origine, car la distance géographique est très-grande : on la voit, en effet, reparaître dans quelques plantes de cette flore remarquable qui caractérise l'extrême ouest de l'Afrique septentrionale et de l'Europe, depuis les Canaries jusqu'à l'Irlande. Certaines espèces d'*Erica*, *Genista*, *Lobelia*, *Gladiolus*, etc., de l'ouest de l'Europe, ont plus de rapport avec des espèces correspondantes du Cap qu'elles n'en ont entre elles; et beaucoup de races d'un ordre plus élevé, c'est-à-dire de groupes d'espèces et de genres, sont évidemment dérivées de types qui ne

sont plus représentés aujourd'hui que dans le sud de l'Afrique. Cette flore détachée ne s'étend guère que sur la partie ouest de la péninsule espagnole, l'extrême ouest de la France, notre comté de Cornouailles et la côte ouest de l'Irlande ; il n'y a presque aucune espèce qui franchisse le Rhône ou le Rhin, ou qui, dépassant la Grande-Bretagne, atteigne la Scandinavie ; un petit nombre cependant, dont la mer a favorisé la dispersion, a pu se répandre autour de la Méditerranée.

Cette esquisse suffit pour montrer combien il reste encore à faire aux botanistes avant que l'histoire des plantes vivantes puisse être d'un secours réel aux géologues pour élucider l'histoire physique du globe. Aussi je pense que, non-seulement l'auteur d'une monographie, mais celui d'une flore locale, de quelque étendue qu'elle soit, s'il veut donner une valeur réelle à son ouvrage, ne doit jamais négliger la distribution générale des genres et des espèces dont il parle. Je me rappelle fort bien l'intérêt qu'eut jadis pour moi la première flore où je trouvai ces détails, l'*Enumération des plantes des îles Baléares* par Cambessèdes, publiée en 1827. Tous ceux, d'ailleurs, qui connaissent les Flores et les listes de plantes de M. J. D. Hooker, ont dû remarquer combien leur importance est accrue par le soin que l'auteur met toujours à indiquer la distribution géographique.

Les considérations précédentes ne s'appliquent qu'aux plantes phanérogames, et aux Cryptogames supérieures terrestres ou d'eau douce. La distribution des Cryptogames inférieures, ainsi que celle des plantes marines en général, est plus compliquée et peut-être moins instructive, à cause de l'extrême facilité avec laquelle beaucoup d'entre elles peuvent se répandre promptement sur un très-vaste espace. Il n'a d'ailleurs été écrit que fort peu de chose, à ma connaissance, sur ce sujet.

La distribution géographique des Insectes n'a été l'objet d'aucun travail général. Peut-être la matière est-elle trop vaste pour être traitée en entier dans l'état actuel de la science. Parmi les entomologistes, les uns sont encore occupés de distinguer les formes, qui sont bien plus variées même que celles des plantes ; aussi ont-ils dû se partager entre l'étude des Lépidoptères,

Diptères, Coléoptères et autres classes : les autres se livrent à de difficiles mais instructives recherches sur la structure anatomique, étude que les Allemands honorent spécialement du nom d'Entomologie scientifique. Cependant la distribution géographique des Insectes, basée sur l'histoire de leur vie, sur l'histoire de la race comme sur celle de l'individu, n'offrirait pas moins d'intérêt, et demanderait à être traitée à un point de vue général pour la classe entière, séparément pour les races de différents degrés : en distribuant celles-ci d'après leurs migrations et leurs colonies locales, on formerait des groupes qui, dans bien des cas, devraient, comme il arrive dans les plantes, confirmer ou contredire le classement établi sur la structure, mais qui, dans d'autres cas, pourraient donner lieu à des combinaisons différentes. En général, les insectes, de même que les plantes, abandonnent leur progéniture en nombre immense et dans un état quiescent, sous la forme d'œufs qui peuvent être transportés au loin, éclore et se développer sans aucun soin de la part des parents. Mais les Insectes ont l'avantage de pouvoir se déplacer pour chercher leur nourriture, et choisir l'endroit où ils déposeront leurs œufs. On serait donc porté à croire que l'aire des espèces doit éprouver des changements plus fréquents que cela n'arrive dans les plantes. Cependant la faculté de déplacement est contre-balancée chez les Insectes par l'étroite dépendance où ils sont des circonstances extérieures et locales. M. Dallas, à qui je dois l'indication des ouvrages de zoologie relatifs à ce sujet, m'a remis entre autres un mémoire du docteur L. Möller, de Mulhausen, intitulé : *Die Abhängigkeit der Insecten von ihrer Umgebung*, 1867. L'auteur, à la suite de longues et attentives observations sur les Insectes de son proche voisinage, donne un aperçu intéressant des conditions dont ils dépendent, et qui sont : 1° le climat, 2° le sol, 3° les plantes, 4° les animaux, 5° l'homme et les ouvrages de l'homme. De ces diverses conditions les plantes sont peut-être la plus importante, parce que les Insectes en font leur principale nourriture. Pour eux, comme pour les autres animaux, c'est surtout l'abondance de nourriture qui règle le choix de l'habitation, et le besoin d'en chercher

qui détermine les migrations : mais il y en a relativement peu qui, comme les Sauterelles dans la période de leur vie où elles mangent, entreprennent des voyages pour trouver des provisions nouvelles, quand elles ont épuisé celles de leurs environs. En général, ce n'est pas la nourriture de l'animal arrivé à son état parfait, pouvant se déplacer aisément, c'est plutôt celle de la larve stationnaire, habitant souvent un milieu très-différent, qui détermine la place où l'Insecte déposera ses œufs ; et c'est pour cela aussi probablement qu'au lieu de chercher des localités nouvelles et inconnues, il préfère le lieu d'où il est sorti lui-même. La mouche Tsétsé d'Afrique, les Moustiques des grands fleuves d'Amérique n'osent pas poursuivre les animaux au delà des lieux favorables à l'éclosion de leurs larves, du moins tant que l'œuvre de la reproduction n'est pas achevée.

Les races d'Insectes sembleraient donc, presque autant que les races végétales, attachées à des localités particulières, indépendamment des causes extérieures qui tendent à les disperser presque autant que les plantes. Leur ancienneté aussi, d'après quelques auteurs, ne serait pas moins grande ; et nous devons par conséquent nous attendre à trouver beaucoup de ressemblance dans les deux classes, dans leur dispersion graduelle, dans l'effet que l'isolement géographique a exercé sur la fixation des formes nouvelles, et enfin dans les aires générales de distribution. Il paraît cependant y avoir un petit nombre de différences assez marquées. Les principaux ouvrages que j'ai consultés à ce sujet sont les suivants.

M. Moritz Wagner a publié un Essai sur la loi de migration des êtres organisés, *Die Darwinische Theorie und das Migrationsgesetz der Organismen*, qu'il donne comme le résultat d'études sur la vie organique faites dans diverses parties du monde, principalement en Algérie et dans l'Amérique centrale. Mais cet ouvrage me semble renfermer trop de propositions générales absolues, eu égard au nombre des faits cités à l'appui ; et de plus l'auteur ne discute jamais les observations contraires, comme M. Darwin a toujours soin de le faire. Son axiome principal est que la loi de migration est une nécessité pour toutes les

races d'êtres organisés, et que la migration, avec l'isolement qui en résulte, est non-seulement un élément important pour la formation de nouvelles races, mais une condition indispensable, sans laquelle la sélection naturelle ne peut agir. M. Wagner paraît avoir été conduit à cette idée par une application théorique des vues de Darwin à ses propres observations. Il avait remarqué qu'en Algérie les aires des races d'Insectes sont strictement limitées par les grandes rivières, et qu'au delà de ces barrières infranchissables, les races sont représentées par d'autres, très-voisines, mais distinctes. Rapprochant ce fait de l'isolement remarquable des races de plantes et d'Insectes qu'il avait observées sur les pics détachés de l'Amérique centrale et de la Colombie, s'appuyant en outre sur quelques données tirées des ouvrages ou de la correspondance d'autres naturalistes, il pose cette conclusion générale que les races, soit d'Insectes, soit de plantes, séparées par des barrières insurmontables, sont toujours distinctes, et qu'elles diffèrent d'autant plus que la distance qui les sépare est plus grande. Mais les faits cités ne sont assurément ni assez probants ni assez nombreux pour autoriser une conclusion si absolue; et certes, en ce qui concerne les plantes, je ne puis dire qu'elle soit confirmée par l'observation. M. Wagner donne aussi comme règle générale que les variétés nouvellement formées ne sauraient produire des races nouvelles, si elles ne sont pas séparées pendant longtemps des espèces d'où elles dérivent; la sélection naturelle n'aurait pas lieu en ce cas; la fécondation réciproque, s'exerçant librement, maintiendrait l'uniformité générale dans tous les individus de l'espèce. Que ceci puisse être le cas le plus ordinaire, c'est ce qu'ont fort bien montré MM. Darwin, Hooker et d'autres; mais il est difficile d'admettre que ce soit une règle absolue. M. Bates, en parlant des Lépidoptères de l'Amazone, fait la remarque que, chez certaines races, toutes les variétés paraissent s'accoupler indifféremment; mais que dans les *Ithomia*, par exemple, on ne voit jamais d'accouplement qu'entre des individus exactement semblables. D'autre part, M. L. Möller a observé que chaque Insecte ne visite que les fleurs de certaines espèces; or, la qualité qui détermine leur choix

pourrait tout aussi bien être de celles qui, pour nous, caractérisent une simple variété, que de celles qui indiquent une espèce bien fixée. Supposons que la fécondation réciproque entre individus d'une même variété soit un peu plus fréquente, plus prolifique, ou produisant une postérité plus nombreuse, enfin qu'elle soit mieux appropriée aux circonstances présentes que la fécondation entre individus appartenant à deux variétés différentes ; en ce cas la première variété devra graduellement (d'après la loi de sélection naturelle) devenir de plus en plus fixe, malgré des croisements accidentels avec les autres, et celles-ci, par la même raison, deviendront graduellement de plus en plus rares. Il semble fort probable que certaines variétés très-légères, comme les *Anagallis* à fleurs rouges et à fleurs bleues, les variétés roses et bleues des Véroniques, beaucoup de nos Roses et de nos *Rubus*, perdent peu à peu la faculté de se féconder réciproquement, et tendent à devenir des espèces, quoiqu'elles vivent entremêlées, et qu'elles aient toujours vécu de même, selon toute apparence, depuis leur origine (1).

J'ai parlé, dans mon discours de l'année dernière, de l'ouvrage de Gabriel Koch, intitulé : *Indo-australische Lepidopteren-Fauna in ihrem Zusammenhang mit der europäischen nebst den drei Hauptfaunen des Erde* (1865). L'auteur se base principalement sur l'étude de nombreuses espèces de Papillons de l'ancien monde, auxquelles il assigne une aire géographique très-étendue, beaucoup d'espèces de pays très-éloignés, qu'on a publiées comme distinctes, devant être regardées comme tout à fait identiques ou n'étant que des variétés occasionnées par la différence de nourriture et de climat. Il montre que le passage

(1) Un changement complet dans la couleur des fleurs, même quand il n'est accompagné d'aucune autre modification apparente des caractères de la plante, paraît être associé à quelque particularité constitutionnelle, qui empêche la fécondation réciproque. Néanmoins, dans le sud de l'Europe, où les *Anagallis* rouge et bleu croissent entremêlés en grande abondance, j'ai trouvé deux fois des individus à fleurs d'un lilas-pourpre pâle, qui étaient peut-être des hybrides de ces deux formes. Darwin, dans son ouvrage sur l'*Origine des espèces*, fait remarquer qu'on n'a jamais réussi à croiser artificiellement ces deux races, qui ne diffèrent absolument que par la couleur de la corolle.

des espèces d'un pays à un autre et leurs migrations lointaines ne permettent pas de tracer des régions nettement limitées ; mais il énumère un certain nombre de genres qui caractérisent deux faunes principales, — celle du nord ou faune européenne, qui ne diffère presque pas de la flore septentrionale dont j'ai parlé précédemment, et la faune indo-australienne, qui correspond à peu près, dans les plantes, au type tropical asiatique. Il signale, dans cette seconde faune, un nombre considérable d'espèces qui s'étendent, depuis le Sillhet et la Chine, au delà de l'archipel Indien, jusqu'à Queensland et à la Nouvelle-Galles du Sud ; et à cet égard aussi on trouverait dans les plantes des exemples analogues. Pour compléter la distribution des Papillons sur le globe, il ajoute une troisième région (celle de l'Amérique, spécialement de l'Amérique du Sud), qu'on pourrait proclamer, dit-il, la région des Lépidoptères par excellence, à cause de leur nombre immense et de leur variété. Je ne vois d'ailleurs aucune indication de faunes correspondant aux deux types remarquables que j'ai mentionnés dans la végétation de l'hémisphère austral, celui de l'Australie et celui du sud-ouest de l'Afrique. En ce qui concerne les Lépidoptères d'Australie, il considère cette faune comme « une fille de la faune indienne », n'ayant que quelques genres qui lui soient propres ; et quant à l'Afrique, il rattache avec raison le nord de ce continent à l'Europe, l'est à l'Asie, mais il ne dit rien du sud-ouest. De plus, il ignore complétement les idées de Darwin, et n'y fait jamais la moindre allusion. Selon lui, la présence d'une même espèce dans des régions éloignées est due, tantôt à la migration, tantôt à une naissance simultanée (il emploie ici le mot « naissance », *Entstehung*, mais ne parle pas de création, *Schöpfung*). Il insiste sur ce point que les espèces dites correspondantes, c'est-à-dire les espèces très-voisines qu'on trouve dans des contrées éloignées, ne sont généralement que de simples variétés produites par la nourriture et le climat, mais non de véritables espèces, et il cherche à prouver par des exemples qu'un changement dans l'alimentation des chenilles modifie la couleur des papillons, qu'un temps froid et sec diminue leur grandeur, etc.

L'ouvrage de M. Wollaston, intitulé : *Coleoptera Atlantidum* (1865), est d'une haute importance à cause du soin avec lequel l'auteur indique la distribution géographique de tous les Coléoptères, au nombre de quatorze cent quarante-neuf, qui ont été découverts et en grande partie récoltés par lui dans les îles de l'Atlantique. On y trouve quantité de renseignements dignes de foi, et qui sont d'un grand intérêt pour l'histoire de la vie organique dans les îles isolées. Dans les conclusions générales que renferme l'introduction, M. Wollaston, après avoir montré la connexion évidente que cette faune entomologique présente avec celle de la région méditerranéenne, semble fort peu disposé à abandonner l'idée que ces îles sont les débris d'un ancien continent détruit par une violente action volcanique, les particularités de cette faune lui paraissant s'expliquer ainsi de la manière la plus satisfaisante. Mais sir Ch. Lyell, s'appuyant sur ces mêmes particularités et sur d'autres considérations, a réfuté complétement cette hypothèse, principalement dans le quarante et unième chapitre de la deuxième édition des *Principes*, qui a paru après l'ouvrage de M. Wollaston. Quant à la question d'origine, M. Wollaston se refuse à croire que les types spécifiques soient soumis actuellement à des modifications graduelles. Il admet bien que les formes insulaires provient, en beaucoup de cas, du développement de types primitifs ; mais il croit qu'il a suffi d'un petit nombre de générations pour que les races nouvelles aient acquis leurs caractères particuliers, après quoi ces caractères ne changeront plus tant que les races elles-mêmes dureront. Il faut se rappeler cependant que, d'après la manière dont la sélection naturelle règle la variation, tout degré de permanence est compatible avec tout degré de changement ; une race peut à la fois ne pas être permanente dans toutes ses branches, et ne pas changer complétement, même dans le cours de deux ou trois périodes géologiques ; la variation peut être continuelle, tandis que la fixation de formes divergentes peut être excessivement rare.

M. Wollaston a encore augmenté l'intérêt de son premier travail en publiant, d'après le même plan, sous le titre de

Coleoptera Hesperidum, des recherches analogues sur les îles du Cap-Vert. Les rapports remarquables que présentent les Coléoptères de cet archipel avec ceux des Canaries et de Madère, le très-petit nombre d'additions fournies par la faune tropicale de l'Afrique, l'absence générale du caractère tropical (malgré la latitude), enfin la concordance des phénomènes physiques et des autres particularités que présentent ces trois groupes d'îles, tout concourt, selon M. Wollaston, à prouver « qu'ils ne sont que les postes avancés d'une seule et vaste contrée qui a été séparée en plusieurs fragments, et dont la majeure partie est maintenant sous les eaux ». L'auteur se garde bien d'ailleurs d'une affirmation tranchante, et il « omet, de parti pris, toutes les objections fondées sur la géologie ». Cependant, quand on s'occupe d'histoire naturelle générale, on ne doit négliger ni ces objections, ni aucune de celles que les autres sciences peuvent fournir ; et si l'on reconnaît qu'elles sont insurmontables, il faut chercher quelque autre solution au problème. Pourrait-on y rattacher cet autre problème dont je parlais tout à l'heure, celui de l'ancienne connexion qui paraît avoir relié jadis la flore du sud-ouest de l'Afrique à celle du nord-ouest de l'Afrique et de l'ouest de l'Europe, quoique ces deux flores soient séparées aujourd'hui par l'obstacle infranchissable de la zone tropicale?

M. Bates a publié divers mémoires sur la faune entomologique de la vallée de l'Amazone (*Transactions of the Entomological Society*, new ser. V., et *Transactions of the Linnean Society*, XXIV, etc.). Indépendamment de ses recherches sur les espèces correspondantes et les variétés géographiques, il a fait des remarques intéressantes sur les rapports de la région de l'Amazone avec la Guyane, la Colombie et d'autres contrées de l'Amérique tropicale, rapports qui sont en grande partie les mêmes que ceux qu'on observe dans les plantes. Il reste cependant beaucoup à apprendre sur la végétation particulière, aussi riche que variée, qui couvre les hautes plaines situées au sud de l'Amazone, les pentes orientales des Andes, la contrée accidentée qui environne le Roraima et d'autres districts au nord, d'où

la flore si vaste de l'Amazone semble être en grande partie descendue.

M. Andrew Murray, dans un *Mémoire sur la distribution géographique des Coléoptères du Vieux-Calabar* et dans sa *Monographie des Nitidulariées*, appelle l'attention sur la correspondance remarquable qui existe entre certains types de l'Amérique tropicale et de l'Afrique tropicale. Moi-même, en plusieurs occasions, j'ai signalé ces curieux rapports dans différents types végétaux; et si nous nous basions sur ces seuls faits, nous pourrions supposer, avec M. Murray, que les deux continents se joignaient autrefois à travers l'Atlantique. Mais, même en laissant de côté les arguments géologiques, cette hypothèse est fortement ébranlée par d'autres faits récemment découverts, entre autres par la présence de ces mêmes types en Australie et dans d'autres contrées éloignées, au sud de l'Equateur. D'ailleurs les caractères généraux de la végétation des deux continents conduisent à une conclusion plus ou moins confirmée, je crois, par différentes branches de la zoologie, savoir, que, même à une époque très-reculée de l'histoire de la vie organique, l'océan Atlantique s'étendait depuis le tropique sud jusque très-avant dans la zone tempérée septentrionale, formant un vaste golfe infranchissable pour les êtres terrestres, sauf les cas d'épaves ou de transports accidentels pareils à ceux qui peuvent se présenter de nos jours.

L'étude de la distribution géographique des Mollusques offre un intérêt particulier, à cause de la grande quantité de coquilles et d'autres dépouilles des animaux testacés qui nous ont été conservées à travers la succession des périodes géologiques, et qui fournissent, mieux que tout autre reste organique, la preuve des grands changements que le globe a subis. Mais je suis trop peu au courant de la paléontologie pour traiter cette question sans m'y être préparé par des lectures plus nombreuses que je n'ai pu le faire. D'ailleurs les Mollusques sont en grande partie des animaux marins; et, faute de temps et de place, je suis forcé d'ajourner l'examen de tout ce qui a été publié sur la distribution des Poissons et autres animaux marins, et même de tout

animal ou végétal aquatique dont la distribution est réglée par d'autres causes que celle des animaux ou végétaux terrestres. Je ne puis cependant passer entièrement sous silence le mémoire du docteur Günther sur les *Poissons de l'Amérique centrale recueillis par MM. Dow, Godman et Salvin* (*Zoological Transactions*, VI). Des considérations très-importantes, déduites de l'examen de ces riches collections, sont placées en tête de ce travail. Dans mon discours de l'année dernière, je vous parlais du mémoire de Moritz Wagner sur la distribution des Poissons d'eau douce du même pays, et je vous faisais remarquer qu'il avait trouvé une même espèce de Poisson de mer des deux côtés de l'isthme. Aujourd'hui M. Günther a constaté qu'au moins 30 pour 100 (59 sur 193) des Poissons de mer qu'on a observés dans ces parages se rencontrent sur les deux côtes opposées de l'Amérique centrale. S'appuyant sur ce fait et sur d'autres circonstances relatives à la distribution des Coraux, etc., il émet la conjecture que l'Amérique du Nord n'était peut-être reliée jadis à l'Amérique du Sud que par une série d'îles semblable au groupe des Antilles, et plus tard un soulèvement ayant eu lieu (comme dans d'autres parties du globe), la terre ferme aurait fini par s'étendre d'un continent à l'autre; il indique même sur sa carte les points où il a pu exister des canaux de communication entre les deux océans. Ce que nous avons dit plus haut de la connexion établie par la chaîne des Andes entre la végétation des régions froides ou tempérées du nord et du sud ne s'accorde pas avec l'hypothèse de M. Günther, et suppose au contraire que la continuité de la terre ferme a dû être beaucoup plus grande anciennement qu'elle ne l'est aujourd'hui. Mais les deux hypothèses ne sont pas nécessairement inconciliables, et ne contredisent pas non plus ce qui a été observé dans d'autres parties du globe. Pour les plantes, la continuité du sol doit remonter à une époque beaucoup plus ancienne que la communication entre les deux mers pour les Poissons, et a dû même s'étendre, d'après la nature de la végétation, jusqu'à Cuba et aux Antilles; or, dans un pays si essentiellement volcanique,

rien, ce me semble, ne nous empêche d'admettre la possibilité de la rupture d'une chaîne de montagnes, suivie, après un long intervalle, par un soulèvement graduel, qui a fini, dans le cours des âges, par combler les canaux précédemment ouverts.

Il me reste à parler des classes supérieures des Vertébré (Oiseaux et Mammifères terrestres). Nous avons vu que dans les plantes le changement d'aire est absolument passif, le transport des espèces se faisant surtout par les graines, quand la nouvelle génération est encore dans le sommeil. Chez les Insectes, le transport est un peu moins passif, car les parents doivent se déplacer, soit avant d'avoir choisi, soit pour choisir l'endroit où naîtra leur postérité. Chez les Vertébrés supérieurs, le transport passif des générations futures n'a presque jamais lieu; la migration des races dépend presque entièrement de la volonté ou de ce qu'on appelle l'instinct des parents, quand ils ont à remplir l'importante fonction de mettre bas, d'élever et de soigner leurs petits. Aussi, malgré un petit nombre d'exceptions, comme la migration volontaire est plus rare, se fait à de plus courtes distances et rencontre de plus grands obstacles que le transport passif, il en résulte que les aires occupées par les races d'Oiseaux et de Mammifères sont généralement plus restreintes et mieux limitées que celles des plantes ou des Insectes, et qu'elles nous font mieux connaître quelquefois l'histoire des îles et des régions isolées durant les périodes géologiques modernes. D'ailleurs la distribution générale des animaux supérieurs, des Insectes et des plantes, présente, comme je l'ai déjà dit, certaines coïncidences remarquables.

Les ornithologistes modernes, en traçant les principales régions et les aires de distribution des Oiseaux à la surface du globe, ont suivi surtout les idées du docteur Sclater, telles qu'il les a exposées dans sa courte mais instructive esquisse de la distribution géographique des Oiseaux (second volume de notre journal, Zoologie). Les profondes connaissances de l'auteur et l'étude spéciale qu'il a faite de cette branche de la science font vivement désirer qu'il veuille bien lui-même étendre et développer son premier travail selon les vues plus larges qu'il a

adoptées aujourd'hui, je crois, comme la plupart des naturalistes. Son mémoire vous a été présenté deux ans avant celui de M. Darwin *Sur la sélection naturelle :* il partageait encore l'idée, alors presque universellement admise, « qu'en règle générale, toutes les espèces d'animaux ont dû être créées dans les limites de l'aire géographique qu'elles occupent actuellement; et en conséquence il a complétement laissé de côté la question de l'influence de l'origine sur l'aire de dispersion. Il divise la faune ornithologique du monde en six régions, quatre dans l'ancien continent et deux dans le nouveau. Les deux régions paléarctique et néarctique (noms qui semblent indiquer des régions plus froides que celles qu'il a réellement en vue) correspondent presque exactement au grand type septentrional que j'ai mentionné en parlant des plantes. L'auteur signale certains rapports entre ces deux régions, par exemple l'analogie des *Sylvicolæ* et des *Zonotrichiæ* du nouveau monde avec les *Sylviinæ* et les *Emberizæ* de l'ancien; et si ces rapports sont moins frappants dans les Oiseaux que dans les végétaux, cela vient peut-être de ce que le caractère tropical est généralement plus marqué chez les premiers que chez les seconds; car on ne pourrait pas dire des plantes « que la plupart des genres appartenant à l'hémisphère boréal, soit dans l'ancien, soit dans le nouveau monde, sont mieux représentés dans la partie tropicale que dans la partie tempérée ». La végétation des régions tempérées, dans l'hémisphère sud comme dans l'hémisphère nord, renferme un grand nombre de genres et quelques familles naturelles, qui sont à peine représentés ou manquent totalement entre les tropiques, ce qui ne paraît pas être le cas chez les Oiseaux.

Parmi les quatre régions tropicales de M. Sclater, il y en a une, la région néotropicale, dont les limites bien tranchées et la richesse extraordinaire en formes variées semblent se retrouver jusqu'à un certain point dans les plantes et les insectes; mais les trois régions paléotropicales, celle de l'ouest ou Ethiopienne, celle du centre ou Indienne, et celle de l'est ou Australienne, quoique leurs limites soient nécessairement un peu vagues, sont évidemment plus distinctes dans les Oiseaux que dans les plantes. Dans la

région de l'ouest, par exemple, les îles Mascareignes possèdent sans doute une flore très-particulière, qui s'avance plus ou moins dans l'Afrique tropicale et qui est à peine représentée dans l'Asie tropicale ; mais pourtant il y a trop de types communs à l'Afrique tropicale, aux îles Mascareignes et à l'archipel oriental, pour qu'une de ces régions offre un caractère bien distinct. Et dans l'Afrique tropicale, quoiqu'il y ait beaucoup de types locaux fort tranchés, ceux-ci sont généralement isolés, ou ne comprennent qu'un très-petit nombre d'espèces ; ils sont très-variés, et ont moins de rapports entre eux qu'avec certaines formes éparses en Asie, en Australie, ou même en Amérique : aussi serait-on plutôt porté à y voir les restes d'une végétation très-ancienne, autrefois florissante et couvrant un vaste espace, que les membres de tribus puissantes à l'apogée de leur prospérité. De même la flore de l'Australie est beaucoup moins tropicale que sa faune ornithologique, telle que la circonscrit M. Sclater, en y comprenant la terre des Papous et les îles de l'océan Pacifique ; car si l'on retrouve dans ces contrées quelques genres de plantes australiennes, ils n'y sont représentés que par un très-petit nombre de formes anomales, et le siége principal de la flore si particulière de l'Australie est en dehors des tropiques. Je ne trouve pas non plus de faune ornithologique spéciale qui corresponde à la flore du sud-ouest de l'Afrique. Dans l'hémisphère sud comme dans l'hémisphère nord, le caractère tropical paraît beaucoup plus marqué dans les Oiseaux que dans les plantes.

L'*Ornithologie des archipels Viti, Samson et Tonga*, par MM. Finsch et Hartlaub (*Beitrag zur Fauna Central-polynesiens*, 1867), est un ouvrage important pour la géographie zoologique, à cause du soin avec lequel les auteurs indiquent la distribution des 172 espèces observées dans ces îles. Le résultat de leurs recherches, y compris la répartition des espèces dans les différentes îles, est présenté sous la forme de tableaux. Dans leurs remarques préliminaires, sans aborder la question d'origine de cette faune ornithologique, ils donnent une esquisse très-intéressante de ses principaux caractères. Ils paraissent avoir été très-frappés du petit nombre d'Oiseaux terrestres, relativement à l'étendue des îles principales, à leur fer-

tilité et à l'abondance de nourriture que les Oiseaux y trouvent. Ils font ressortir surtout leur pauvreté en *Fringillidæ*, en comparaison de la richesse extraordinaire et exceptionnelle de ce groupe dans les îles Galapagos. En général, cette faune ornithologique semble fournir un excellent exemple d'une faune insulaire soustraite par son éloignement à l'influence des continents. M. Finsch a publié en outre dans les *Mittheilungen* de Petermann (1867) une *Esquisse de la distribution des Perroquets ;* il montre, comme l'avaient déjà remarqué MM. Wallace et Huxley, que ce groupe a pris un développement remarquable en Australie et dans l'Amérique du Sud, tandis qu'il est comparativement peu nombreux dans l'Inde et en Afrique.

M. F. Baird a publié dans le quarante et unième volume du *Journal de Silliman* (1866) un examen fort intéressant de la distribution géographique et des migrations des Oiseaux de l'Amérique septentrionale. Dans la préface de son mémoire il donne un aperçu des régions de M. Sclater, et propose de les modifier, pour ce qui regarde l'Amérique, en formant avec les îles des Indes occidentales une région séparée aussi distincte de l'Amérique du Nord que de l'Amérique du Sud par le grand nombre de ses races locales — genres et espèces. Ici comme dans beaucoup d'autres cas, les particularités que présentent les faunes et les flores insulaires ne semblent pas permettre de les associer aux grandes aires de distribution sur les continents.

Quant aux Mammifères, nous avons dans l'ouvrage de M. Murray (*Geographical Distribution of Mammals*, 1866) un traité plus complet sur cette classe d'animaux que sur aucune autre. L'auteur, n'ayant à s'occuper que d'un assez petit nombre de races, a pu entrer dans le détail de la distribution des groupes secondaires, quelquefois même des espèces, et il a joint à son travail une suite de cent une cartes qui font voir d'un coup d'œil les aires connues, ou présumées, des races principales. Je vous ai entretenus, l'année dernière, des questions générales traitées par M. Murray dans la préface de son livre ; aujourd'hui je ne m'occuperai que de la distribution des Mammifères comparée à celle des plantes, et je laisserai de côté les diverses hypothèses de l'auteur sur les changements géologiques, hypothèses dont plu-

sieurs sont sans doute très-plausibles, mais que je ne me crois pas compétent pour discuter. M. Murray s'éloigne fort peu des idées du docteur Sclater, en ce qui concerne la répartition générale des animaux à la surface du globe ; car ses provinces correspondent généralement aux régions de M. Sclater, quoique sous des noms différents; je n'y remarque qu'une légère modification dans les limites, d'ailleurs peu précises, qui séparent les aires septentrionales et tropicales dans l'ancien et le nouveau continent, et quelque différence dans la disposition générale des divisions primaires et dans l'appréciation de leur importance relative. En résumé, on peut dire que la distribution des Mammifères se rapproche plus, à beaucoup d'égards, de celle des plantes que la distribution des Oiseaux : la connexion des provinces septentrionales des deux mondes et la disjonction de leurs provinces tropicales sont plus marquées, et le caractère tropical est évidemment moins prononcé dans les Mammifères que dans les Oiseaux. Mais le trait le plus frappant de la distribution des Mammifères est l'isolement de la faune australienne. Les Rats et les Chauves-Souris sont en effet, à ce qu'il semble, les seuls groupes importants qui soient communs à l'Australie et à d'autres régions. Les *Marsupiaux* de l'Australie ont une aire aussi limitée que la vraie flore australienne ; et d'autre part aucun type de Mammifère de l'Asie tropicale ne paraît se retrouver dans le nord-est de l'Australie, contrairement à ce qu'on remarque dans les plantes et les Insectes, ce qui dépend probablement de l'absence de ce transport passif dont je parlais tout à l'heure. M. Murray n'indique point de type spécial dans le sud-ouest de l'Afrique, qui corresponde à la flore si particulière de cette contrée. Dans un continent ininterrompu, comme l'Afrique, la migration volontaire semble devoir être plus puissante que le transport passif pour effacer les limites des régions locales des êtres organisés.

J'aurais vivement désiré m'assurer des opinions du professeur Huxley sur la géographie zoologique, non-seulement parce que son autorité est d'un grand poids dans tout ce qui touche à la zoologie ancienne ou moderne, et parce qu'il a consacré de longues études à cette branche spéciale de la science, mais

aussi à cause de l'appui zélé qu'il a donné, comme on sait, aux théories darwiniennes. Mais je ne connais d'autre publication de lui ur ce sujet que l'esquisse générale insérée dans son *Mémoire sur les Gallinacés* (*Proceedings of the Zoological Society*, May, 1868). Relativement à la distribution générale des grandes régions zoologiques, M. Huxley considère la division première en régions septentrionales et australes comme plus importante que celle en régions néogéennes et paléogéennes. En conséquence, il réunit sous la dénomination générale d'*Arctogœa* les régions néarctique et paléarctique de Sclater, en y joignant les parties éthiopienne et indienne de la région paléotropicale ; et tout en admettant le caractère bien tranché de la région néotropicale (qu'il aimerait mieux désigner sous le nom d'Austro-Colombie), il sépare l'Australie de la région paléotropicale, et regarde aussi la Nouvelle-Zélande comme une région distincte, quoique peu étendue; mais ces deux dernières, réunies à l'Austro-Colombie, pourraient former, selon lui, sous le nom de *Notogœa*, une seconde grande division géographique de la faune du globe.

Le dernier ouvrage dont il me reste à parler, est celui de M. Wallace sur l'archipel malais, où l'auteur a si admirablement exposé les rapports des faunes de ces îles entre elles et avec celles des continents voisins, et montré les conséquences qu'on peut en tirer pour l'histoire physique et l'âge relatif des îles principales. Il a consacré plusieurs chapitres à la géographie physique de l'archipel et à l'histoire naturelle des cinq groupes dans lesquels il le divise : ces chapitres, détachés de la partie narrative plus légère, mais non moins instructive, font connaître les vues de l'auteur d'une manière si claire et si concise, qu'il serait inutile de vouloir les analyser. Je me bornerai à faire remarquer que l'étude de la végétation de ces îles n'aurait probablement jamais pu conduire au résultat que M. Wallace a obtenu de ses recherches, savoir, que la séparation de l'île de Java est antérieure à celle de Sumatra, que l'isolement des Célèbes remonte à une date encore plus reculée, et que les îles de l'est ont été séparées très-anciennement de celles de l'ouest par un détroit profond. Rien n'indique que la barrière actuelle, absolument infranchissable pour les animaux supérieurs, même quand elle est aussi étroite

qu'entre Bali et Lombok, n'ait été souvent traversée autrefois par les plantes, et ne le soit même encore aujourd'hui. Il est vrai, comme je l'ai déjà dit, que nous n'avons point pour ces contrées de flores bien faites, qui puissent nous fournir des renseignements certains sur leur végétation comparée : mais nous savons que certains types de plantes australiennes s'étendent jusqu'à Bornéo et aux Célèbes, et que le caractère indo-malais se retrouve dans un grand nombre d'espèces et de genres à Timor et dans le nord de l'Australie, — preuve nouvelle de la grande différence qu'il y a entre les effets du transport passif et de la dispersion active.

J'espère que les zoologistes, en lisant quelques-unes des critiques que je me suis permises, ne me reprocheront pas d'être trop sorti de mon domaine. Souvent lorsque j'ai eu à déterminer la distribution géographique d'un groupe de plantes ou l'étendue d'une des flores dont je me suis occupé, j'ai trouvé de grandes lacunes et de grandes inexactitudes dans quelques-unes des flores et des monographies les plus estimées ; et quand j'ai voulu comparer la distribution des végétaux avec celle des animaux qui en dépendent ou qui les accompagnent, il m'a paru qu'il était encore plus rare de trouver des faunes locales ou des monographies d'où l'on pût tirer aisément les renseignements nécessaires. Si j'ai cru devoir appeler votre attention sur ce point, ce n'est pas que je veuille aucunement déprécier ces recherches plus importantes sur l'anatomie, la structure et la physiologie, qui ont élevé la botanique, et plus encore la zoologie, si fort au-dessus de ce qu'elles étaient au commencement du siècle, quand leur rôle se bornait à faire des catalogues de muséums ; mais je désire vivement faire comprendre aux zoologistes, aussi bien qu'aux botanistes, combien il importe aujourd'hui de réunir et de classer des documents exacts dans cette autre branche de la science, qui doit contribuer autant ou plus que toute autre à résoudre ce qu'on a nommé le grand problème de notre époque, celui de l'origine, du développement et de l'histoire des espèces ou des races.

NOTES SUR LES QUINQUINAS,

Par M. H.-A. WEDDELL.

I. — Remarques générales.

I

A l'époque où parut mon *Histoire naturelle des Quinquinas* (Paris, 1849), il n'y avait sur cette matière aucun travail récent, basé sur des observations originales ; et, parmi les ouvrages antérieurs, aucun ne rendait compte des types qui habitent les Andes du Pérou méridional et de la Bolivie. Mon exploration de ces contrées complétait donc, à peu de chose près, celle de la région des *Cinchona*.

J'avais voulu d'abord ne comprendre, dans le résumé de mes études sur les Rubiacées fébrifuges, que les espèces que j'avais observées vivantes ; mais ayant reconnu que ce résumé gagnerait à présenter une revue générale du groupe, je n'hésitai pas à en élargir le cadre, malgré le danger que je courais d'y insérer bien des erreurs : les unes dépendant de l'état incomplet des matériaux mis à ma disposition, ou de l'absence d'indications suffisantes sur leur origine ; les autres de la nécessité d'accepter, en ce qui concernait les écorces, des analyses chimiques déjà anciennes et opérées par des procédés imparfaits. Avec ses défauts, le tableau n'en devait cependant pas moins offrir, en gros, l'état de la science quinologique, au moment où j'écrivais, et ses inégalités avaient peut-être l'avantage de signaler les questions obscures qu'il restait à étudier, et d'en hâter peut-être l'éclaircissement. C'est, je suis heureux de le dire, ce qui est arrivé ; et si, parmi les résultats utiles de la publication de mon livre, je place au premier rang la culture des arbres à quinquina dans les Indes orientales, je dois mentionner, immédiatement après, la coopération de tant d'hommes d'un

haut mérite à une étude relativement délaissée avant eux, et la solution définitive d'une grande partie des questions litigieuses auxquelles je faisais allusion plus haut.

II

Les districts cinchonifères les plus étudiés par nos prédécesseurs, ceux qui avaient été le siége des explorations de Ruiz et Pavon, de Mutis, de Humboldt et Bonpland, ainsi que des élèves de ces hommes illustres, comprenaient la Nouvelle-Grenade et le nord du Pérou; mais les documents que nous possédions sur leurs produits, à l'époque de ma publication, n'étaient nullement en rapport avec leur célébrité et avec les controverses auxquelles leur exploration avait donné lieu. Cela provenait de ce qu'une grande partie des travaux quinologiques de deux des principaux auteurs cités était restée inédite, bien qu'il fût cependant avéré qu'il existait des ouvrages manuscrits de ces savants. C'est donc un grand service que M. Howard a rendu à la science en mettant au jour la *Quinologie* de Pavon (1), qui nous fait connaître, bien plus complétement que ne l'avait fait Ruiz ou la *Flore péruvienne*, les richesses quinologiques du Pérou, au nord de la latitude de Lima. M. Cl. Markham, de son côté, en mettant à la portée de tous l'œuvre originale du célèbre Mutis (2), nous a mis à même de mieux apprécier l'étendue des renseignements que l'on possédait alors sur les Quinquinas de la Nouvelle-Grenade moyenne; et M. le docteur Karsten a complété, par ses belles observations sur la végétation des provinces septentrionales de la même contrée (3), aussi bien que par un ouvrage spécial (4), la série des notions qui nous

(1) *Illustrations of the Nueva Quinologia of Pavon,* by J. Eliot Howard, F. L. S. London, 1862.

(2) *The Chinchona species of New-Granada, containing the botanical descriptions of the species examined by Drs. Mutis and Karsten, with some account of those Botanists, and of the results of their labours,* by Clements R. Markham, F. L. S. London, 1867.

(3) *Floræ Columbiæ terrarumque adjacentium Specimina selecta.* Berol., 1861.

(4) *Die medicinische Chinarinden New-Granada's.* Berl., 1858.

manquaient encore sur cette partie de la région. Ce sont les ouvrages dont je viens de parler qui ont apporté le plus riche appoint à nos connaissances quinologiques, dans les vingt années qui viennent de s'écouler. Les expéditions envoyées par les gouvernements anglais et hollandais à la recherche des espèces propres à être introduites dans leurs cultures de l'Inde, ont en outre fortement contribué à compléter les renseignements que nous avions déjà sur certains types, et nous en ont même fait connaître quelques-uns entièrement nouveaux. Les noms de MM. Hasskarl, Markham, Spruce, Pritchett et Cross sont ceux qui se rattachent principalement à ces explorations. Enfin, parmi ceux qui ont travaillé avec le plus de succès, par des études de cabinet ou de laboratoire, par l'examen comparatif des échantillons d'herbier et des écorces, ou par des analyses chimiques, à élucider les nombreuses questions de détail qui ont trait à l'histoire des Quinquinas, je dois citer, après les noms si connus de Guibourt et de Howard, ceux de Berg, de Delondre, de Klotzsch, de Pereira et de Schleiden, savants déjà ravis à la science; et ceux de MM. Broughton, Flückdiger, Miquel, Pasteur, Phœbus, G. Planchon, Reichardt, Schmidt, Vogl, de Vrij, etc. Cette simple énumération suffit pour donner une idée des progrès que la quinologie a dû faire depuis l'époque signalée en tête de ces notes.

III

Au point de vue purement botanique, et en particulier de la délimitation du genre *Cinchona*, trois ouvrages méritaient particulièrement d'être consultés, il y a vingt ans : c'étaient le *Prodromus* de De Candolle, le *Genera Plantarum* d'Endlicher, et un travail de Klotzsch (1) publié dans la *Flore médicale de Hayne* (vol. XIV). C'est en effet dans ces ouvrages seulement (dans les deux derniers surtout) que les Quinquinas fébrifuges sont nettement séparés des faux Quinquinas, par l'indication précise du

(1) *Darstellung und Beschreibung der in der Arzneykunde gebräulichen Gewächse.* Berlin, 1803-46. Auct. Hayne, Brandt et Ratzeburg, Klotzsch.

caractère tiré de la déhiscence de la capsule : de bas en haut dans les premiers, et de haut en bas dans les derniers.

J'avais toujours regardé le caractère que je viens de rappeler comme propre à limiter absolument le genre *Cinchona*, c'est-à-dire le groupe des Quinquinas fébrifuges ; mais M. le docteur Karsten a mis, dans ces derniers temps, sa valeur en question. A l'appui de son opinion, il cite le fait de plusieurs faux Quinquinas chez lesquels la déhiscence de la capsule aurait lieu tantôt du sommet vers la base et tantôt de la base au sommet, et il mentionne, en outre, plusieurs vrais Quinquinas dont les fruits s'ouvriraient parfois, contre leur habitude, de haut en bas (1). Or, l'un de ces derniers faits ayant été signalé par moi-même, je suis loin de vouloir les contester. Seulement je dois dire que j'ai toujours soupçonné, et que je soupçonne encore que cette variation dans le mode de déhiscence n'est pas normale, et s'opère après la récolte de l'échantillon, soit par une cause, soit par une autre. C'est pourquoi, avant d'admettre, dans une même espèce, les deux modes de déhiscence, je veux être bien assuré qu'ils ont été constatés sur la plante vivante. Les observations suivies qu'on va pouvoir faire sur les diverses espèces cultivées dans les Indes lèveront, du reste, bientôt, il faut l'espérer, les doutes nés à ce sujet.

IV

Il s'en faut beaucoup d'ailleurs que le caractère sur lequel j'ai appuyé dans la note précédente soit le seul distinctif des vrais Quinquinas, et il y a lieu de s'étonner que le savant auteur de la *Flore de Colombie* ait paru le supposer. De même que tous les genres à limites vraiment naturelles, les *Cin-*

(1) M. Howard, aussi, a fait cette remarque sur plusieurs espèces de vrais Quinquinas. C'est ainsi qu'il m'écrit, en date du 16 novembre dernier : « J'ai reçu un excellent échantillon de l'arbre qui fournit le *quinquina-Pitayo*, avec capsules s'ouvrant comme dans la figure non ombrée du *C. Condaminea* des *Plantes équinoxiales*. Je possède également un spécimen de cette dernière espèce, provenant de la collection même de Bonpland, et d'autres pareils, de l'Inde, tous offrant la même tendance des capsules à s'ouvrir de haut en bas. »

chona se séparent des groupes voisins, non par un seul caractère, mais par un ensemble de caractères. Pour ne parler que de la fleur, il n'est point, je ne dirai pas un botaniste, mais une personne étrangère à la science, qui, après avoir examiné une seule fois la corolle d'un *Cinchona*, hésite à la distinguer de celle d'un faux Quinquina. Les poils en massue, longs et enchevêtrés, qui en bordent les segments, ne se voient, en effet, à ma connaissance, dans la fleur d'aucun genre voisin, et caractérisent au contraire, indistinctement, tous les *Cinchona*. Je ne mentionne qu'en passant le parfum suave de ces mêmes fleurs, qui constitue cependant encore un des caractères naturels du genre, si je puis m'en rapporter à mon expérience ; car je l'ai constamment trouvé semblable à lui-même dans les espèces que j'ai pu examiner ; et je ne l'ai rencontré, d'autre part, dans aucune autre plante de la même tribu. Est-il besoin enfin de faire ressortir encore le relief tout particulier que donne aux représentants de ce genre remarquable la présence des alcaloïdes (1)? Ce n'est pas que l'existence de la quinine et de la quinidine, de la cinchonine et de la cinchonidine, dans le tissu cortical de ces plantes, constitue, à proprement parler, un caractère botanique ; mais il est difficile de ne pas voir, dans une pareille

(1) Quelques analyses faites depuis la publication de mon travail, notamment celles qui sont relatées à la page 40 de la *Quinologie* de Delondre et Bouchardat (Paris, 1854), étaient de nature à faire supposer qu'un ou plusieurs de ces alcaloïdes pouvaient se rencontrer dans d'autres écorces que celles des *Cinchona*, mais ces résultats n'ont pas été confirmés par des travaux subséquents. C'est ainsi que le docteur Karsten (*Medicinische Chinarinden*, p. 10) dit : « Je n'ai trouvé aucun alcaloïde dans l'écorce du *C. ovalifolia*, tandis que Delondre et Bouchardat (*Quinol.*, p. 40, pl. 22) donnent, comme résultat de l'analyse qui en a été faite par Henry : 6 centigrammes de sulfate de quinine. Delondre dit aussi que le *quina rôja*, du *C. oblongifolia* de Mutis, renferme de la quinine et de la cinchonine ; mais l'examen de sa description et de ses figures montre qu'il a confondu l'écorce en question avec une variété rougeâtre du *quina anaranjada* de Mutis. » D'autres essais, faits antérieurement sur l'écorce des mêmes espèces, par M. Howard, ont donné des résultats également négatifs ; et je puis ajouter que cet habile expérimentateur vient encore, tout récemment, de confirmer, d'une manière générale, l'assertion que j'avançais, il y a vingt ans (*Hist.*, p. 78), relativement à l'absence complète des alcaloïdes fébrifuges dans les écorces des faux Quinquinas : « As regards the product of Cinchona alcaloids being confined to » the true *Cinchonæ*, this may be affirmed with much certainty. » (How., *in litt.*, 22 nov. 1869.)

concordance des constitutions organique et chimique, un argument de plus en faveur de la thèse que je soutiens.

V

Quelle que soit donc l'exactitude des observations du docteur Karsten, je ne puis accepter les déductions qu'il en a tirées. Selon moi, des trois sections constituant, pour cet auteur, le genre *Cinchona*, la première (*Quinaquina*) doit seule le représenter (1). Les deux autres (*Heterasca* Karst. et *Ladenbergia*), comprenant, entre autres, ses *CC. heterocarpa*, *pedunculata*. *prismatostylis*, *Bogotensis* et *Moritziana*, appartiennent au genre *Buena* Pohl (*Cascarilla* (2) de ma *Monographie*).

VI

Le travail quinologique de Mutis, dont il a été question dans la note II, a pour titre : *Quinologiæ pars quarta*, *continens descriptiones generis*, *specierum et varietatum*. L'ouvrage général, dont celui-ci faisait partie, était intitulé : *El Arcano de la quina*. M. Cl. Markham donne, dans sa préface, l'histoire des péripéties par lesquelles le manuscrit a passé, avant d'arriver enfin à voir le jour. Les trois premières parties, rendant compte des vertus médicinales, de l'extraction et de l'emploi du quinquina, ont été publiées à Madrid en 1828. L'éditeur ne crut pas, sans doute, que la quatrième partie, de nature exclusivement botanique, présentât assez d'intérêt pour leur être jointe, et elle est

(1) En en retranchant toutefois le *C. Henleyana* Karst., que l'auteur rattache à la section *Muzonia* du genre *Cascarilla*. Je n'ai observé, je dois le dire, la déhiscence de la capsule ni dans l'une ni dans l'autre des deux espèces que j'y ai placées. J'ai présumé, toutefois, qu'elle devait se faire de haut en bas, à cause d'un commencement de solution de continuité dans ce sens, remarqué sur un fruit du *C. Muzonensis* que j'ai fait figurer : scission qui a pu, fort bien, n'être aussi qu'un effet accidentel. Si la déhiscence se fait normalement de bas en haut dans les trois espèces, ce caractère, joint à ceux tirés des autres particularités de structure signalées par M. Karsten, suffit pour élever au rang de genre la section *Muzonia*.

(2) L'adoption de ce nom de *Cascarilla* ayant souffert quelques difficultés, j'ai proposé (*Journal of the Linn. Soc.*, XI, p. 185) de reprendre celui plus ancien de *Buena*, laissé de côté sans motifs valables.

restée enfouie, jusque dans ces derniers temps, dans un magasin dépendant du jardin botanique de Madrid. — « Cette quatrième partie de l'ouvrage de Mutis, écrite il y a plus de soixante ans, et dont le manuscrit est resté enterré cinquante ans dans un magasin d'outils de Madrid, ne peut manquer, dit M. Markham (*loc. cit.*), d'intéresser les botanistes, ceux surtout qui s'occupent de l'étude du genre *Cinchona;* aussi dois-je me regarder comme heureux d'avoir contribué à la tirer de l'oubli. » — J'ajouterai, de mon côté, que, par la publication de cet ouvrage, M. Markham a rendu en même temps un grand service à la mémoire de Mutis, dont les talents, comme botaniste et comme observateur, ont été si diversement appréciés, faute surtout d'œuvres qui permissent de le juger en connaissance de cause. Quant à moi, je n'ai pu, je dois l'avouer, prendre connaissance de celle-ci, sans être frappé de l'esprit dans lequel elle semble avoir été conçue. J'admets volontiers que Mutis ait eu le tort (comme plus d'un de ses successeurs) de trop systématiser, avant d'avoir suffisamment connu les détails de son sujet; mais, à mon sens, ce défaut est encore préférable à celui d'amonceler les faits sans ordre aucun : reproche que méritent quelque peu les rivaux en quinologie du célèbre botaniste de Santa-Fé (1).

VII

Les réflexions qui précèdent, et qui m'étaient suggérées par la lecture du trop court travail de Mutis, m'ont conduit tout naturellement à me demander si le temps n'était pas venu de mettre à profit les nombreuses données réunies depuis quelques années sur les caractères botaniques et chimiques des *Cinchona*, afin d'établir, approximativement du moins, un tableau de leurs

(1) Quant à l'honneur que Mutis s'attribue d'avoir été le premier à faire connaître l'existence du Quinquina dans la Nouvelle-Grenade, on paraît assez d'accord pour le faire remonter à Lopez Ruiz, qui aurait reconnu l'arbre aux environs de Honda, avant même que Mutis fût venu dans le pays (voyez à ce sujet le livre intitulé : *Defensa y demostracion del verdadero descubridor de los Quinas del Reyno de Santa Fe. Su autor el mismo descubridor*, Don Sebastian Josef Lopez Ruiz; Madrid, 1802). Toujours est-il que Mutis a, plus que tout autre, contribué à faire profiter de la découverte sa patrie adoptive.

affinités (1). Je vais essayer de montrer sur quelles bases j'ai cru pouvoir le construire.

Les difficultés qui se présentent dès l'abord à celui qui tente de grouper entre elles les formes déjà très-nombreuses de ce genre, résultent, à ce qu'il semble, des circonstances suivantes :

1° Il n'y a aucun caractère botanique qui permette de sectionner le genre d'une manière utile.

2° Sauf dans un très-petit nombre de cas, il est impossible de distinguer nettement une espèce des espèces voisines, au moyen d'un seul caractère. Cette distinction ne peut être établie que par un ensemble de signes diagnostiques.

3° Les influences du sol et du climat, ces dernières particulièrement variables dans une région montagneuse, celles enfin dérivant des différences d'exposition, se font sentir d'une manière remarquable sur les plantes qui nous occupent, et de ces influences résulte la production de formes anomales qu'on hésiterait, en l'absence de données précises, à rattacher au type dont elles proviennent.

4° Les causes qui influent sur la forme, la texture et la couleur des organes, agissent avec non moins d'énergie, parfois même d'une manière plus frappante encore, sur la nature et les proportions des principes immédiats élaborés dans l'intimité de leurs tissus (2).

(1) J'ai déjà nommé ailleurs les principales sources auxquelles j'ai dû puiser; mais je manquerais à la reconnaissance que je dois à mon excellent ami M. Howard, si j'omettais de dire aussi combien m'ont été précieux les renseignements directs que je dois à son inépuisable obligeance. Il suffira d'ailleurs d'un simple coup d'œil jeté sur le tableau dont j'ai parlé, pour apprécier le nombre des données importantes qui m'ont été fournies par les ouvrages de cet éminent quinologiste. C'est également un devoir pour moi de dire combien j'ai rencontré d'indications utiles dans l'excellent *compendium* de M. Gustave Planchon, digne successeur du consciencieux Guibourt, et continuateur de son œuvre.

(2) L'influence de l'exposition sur les formes et les produits des végétaux est trop connue aujourd'hui pour qu'il soit utile de s'y arrêter ici : elle reproduit, en quelque sorte, sur une petite échelle, les effets résultant des différences de climat. Les Quinquinas devaient naturellement obéir à la loi commune; il était néanmoins utile de confirmer ces prévisions par des observations directes. C'est ce qu'a fait le doc-

5° Enfin l'examen des semis obtenus dans les cultures des Indes a paru démontrer qu'il y avait eu croisement entre les espèces, c'est-à-dire production d'hybrides; d'où l'on pourrait assez naturellement conclure qu'il s'en produit également dans les forêts natales des Quinquinas, et que nos herbiers en renferment peut-être déjà un certain nombre (1).

En résumé, soit par une cause, soit par une autre, le nombre des formes composant le genre *Cinchona* paraît avoir constamment tendu à augmenter, et les chaînons de la série à se relier entre eux d'une manière si intime, qu'on a bien pu se demander si tous n'étaient pas le résultat du développement et de la variation d'un très-petit nombre de formes primitives ou typiques (2). Telle était vraisemblablement l'opinion de Mutis; et c'est sans doute sous l'empire de cette idée que, dans sa Quinologie, il a admis deux types seulement parmi les espèces fébrifuges : les *CC. lancifolia* et *cordifolia*, auxquels il rattache, comme variétés, toutes les autres formes qui étaient parvenues à sa connaissance.

teur Karsten, à l'ouvrage duquel je dois renvoyer pour des détails fort intéressants sur ce sujet, surtout en ce qui concerne les différences observées dans la proportion des alcaloïdes, selon les divers degrés d'altitude auxquels croissent les arbres, sur une même montagne.

(1) Il ne faudrait pas, toutefois, trop se hâter de conclure de la plus ou moins grande facilité avec laquelle se sont faits ces croisements dans les cultures, qu'il a dû en être de même dans les forêts des Cordillères, et expliquer ainsi la multiplicité extraordinaire de formes que nous présente ce groupe ; car l'éloignement qui existe habituellement entre les individus d'espèces différentes, dans l'état de nature, peut-être aussi le moins grand nombre d'insectes fréquentant les fleurs des forêts, doivent rendre ces accidents bien plus rares que là où des espèces variées sont entremêlées, ou, tout au moins, se trouvent en masses rapprochées. Quoi qu'il en soit, supposant le fait suffisamment démontré, en ce qui regarde les cultures, il est clair que c'est au bouturage surtout que l'on devra avoir recours pour la multiplication, si l'on tient à conserver la pureté des races.

(2) Ou même d'une seule, qui serait alors nommée, à juste titre, *Quina primitiva*. — « The occurrence of these intermediate forms », dit M. Howard, dans l'introduction du bel ouvrage cité plus haut (p. VI), « suggests the enquiry whether all the species » of *Cinchona* have had but one and the same origin, and have varied by the influence » of climate, soil, etc., into the many sorts which we now behold. » — J'ai moi-même exprimé, il n'y a pas longtemps (in *Report of international Hort. and Bot. Congr.*, p. 222), la même manière de voir; mais je crois que l'hypothèse de plusieurs types offre plus d'avantage au point de vue pratique.

Rassembler autour d'un petit nombre de types, considérés comme centres d'attraction, des éléments qui autrement seraient épars, voilà donc, ce semble, le sentiment qui a guidé le botaniste de Santa-Fé ; et c'est encore cette hypothèse qui s'offre à moi, aujourd'hui, comme la plus propre à être mise en œuvre, pour donner une idée quelque peu nette de la valeur relative et de la subordination des formes, dans le groupe que nous avons en vue. Aussi est-ce elle qui m'a dirigé dans la classification dont je donne ci-après l'exposé. Pour l'établir, j'ai commencé par réunir en petits groupes les formes liées entre elles par un certain ensemble de caractères, sinon parfaitement définis, du moins suffisants pour leur donner une apparence de connexion peu ou point discutable. Ces groupes, considérés comme secondaires, ont été ensuite réunis en un petit nombre de faisceaux primaires, auxquels j'ai attaché le nom d'une de leurs formes les plus marquantes, qui en a été regardée comme la Souche (*Stirps*)(1). Les divisions secondaires, définies plus haut, ont été qualifiées de Rameaux, et se subdivisent en Espèces (2),

(1) L'idée de filiation impliquée par le mot *Stirps* me l'a fait préférer à tout autre pour désigner les groupes primaires des *Cinchona*. C'est, je crois, Spring qui l'a employé le premier dans sa *Monographie des Lycopodiacées ;* et divers autres cryptogamistes l'ont adopté après lui.

(2) On me demandera peut-être ce que j'entends ici par le mot Espèce. La réponse à cette question se trouve implicitement dans ce que j'ai dit plus haut de la connexion intime des formes observables dans le genre *Cinchona*. On comprend, par conséquent, que, tel que je l'emploie, il exprime simplement un degré de variation plus élevé d'un ou deux échelons que celui de la Variété. L'Espèce de mon tableau est donc, au Rameau, d'une part, et à la sous-Espèce ou la Variété, de l'autre, ce que la Variété est à l'Espèce et à la sous-Variété, ce que le Rameau est à la Souche et à l'Espèce. Il est assez probable que si l'on venait à faire, de quelques autres Genres végétaux, une étude aussi minutieuse que celle qu'on fait, depuis quelque temps, de celui-ci, on serait également conduit à multiplier les mots, pour désigner les nouveaux degrés de variation qu'on y reconnaîtrait, et, par suite, à attribuer, comme dans le cas actuel, une valeur différente aux mots déjà employés. Il serait difficile, je pense, de trouver un meilleur exemple que celui des *Cinchona*, pour montrer jusqu'à quel point ce que les botanistes appellent Espèce est une chose peu définissable, et combien l'idée qu'on est porté à s'en faire peut varier, selon le point de vue auquel on se place, ou, bien souvent encore, selon ce qu'on pourrait appeler les exigences de la situation.

sous lesquelles viennent se ranger les sous-Espèces, les Variétés et les sous-Variétés.

L'importance relative des divisions primaires, au nombre de cinq, sera saisie à la simple inspection du tableau ; je me bornerai donc, dans ces généralités, à indiquer l'analogie que deux d'entre elles présentent avec deux des espèces de Mutis. Ainsi, en se reportant à son travail, on constatera facilement que mon premier groupe (*Stirps Cinch. officinalis*) correspond, à peu de chose près, au *C. lancifolia* (1) ; et le cinquième (*Stirps Cinch. ovatæ*) au *C. cordifolia* de cet auteur. L'analogie entre les groupes actuels et ceux qui les ont précédés ne s'étend pas, toutefois, bien au delà du fond. Ce qui les différencie, dès le premier abord, c'est l'importance bien plus grande donnée aujourd'hui aux types principaux, et la facilité qui en résulte pour la coordination et la nomenclature des divers degrés de variation que l'on a observés chez elles. Quant aux espèces formant les trois autres groupes, elles ne paraissent pas avoir été connues de Mutis ; il n'a donc pas eu à les juger.

Pour terminer ces observations préliminaires, je dois faire observer que le premier rameau de la deuxième division (*Stirps C. rugosæ*) est formé d'espèces caractérisées par la présence de poils à la face interne du tube de la corolle. C'est une particu-

(1) C'est également, en en défalquant la var. *Pitayensis*, le *C. Condaminea* de ma Monographie. Et puisque l'occasion s'en présente, qu'il me soit permis de dire, en passant, que la fusion trop intime que j'ai faite sous le nom de *C. Condaminea* ne l'a été que sous le bénéfice de certaines restrictions (vid. *Hist.*, p. 40), qui montrent assez clairement que je ne la regardais nullement comme une mesure définitive. Quoi qu'il en soit, elle n'en a pas moins servi de texte à quelques discussions, ayant assez généralement pour but de passer condamnation sur elle. Je ne vais pas chercher à la défendre ; mais peut-être ne me trompé-je pas de beaucoup, en disant que c'est la forme plutôt que le fond qu'on a voulu attaquer ; et, pour le prouver, il me suffira de citer textuellement les paroles d'un auteur qui a étudié la question quelques années après moi, et dont on suspectera d'autant moins les sentiments, qu'il est précisément un de ceux qui ont le plus combattu le rapprochement en question. — « The *C. Conda-* » *minea* », dit M. Howard (*Illustr. Nov. Quin.*, Introd., p. vi), « passes through » various forms into the *C. Pitayensis*, in Popayan, and thence, perhaps, into numerous » varieties of the *C. lancifolia* Mutis, in New Granada, some approximating to those » last mentioned, others (to judge from specimens at Kew and Paris) approaching to » the *C. nitida* and to the Loja barks, the so called *Quina primitiva* type. »

larité qui mérite qu'on s'y arrête, parce qu'elle constitue le seul caractère botanique, au moyen duquel il serait possible, à la rigueur, de grouper les espèces du genre, comme cela se pratique habituellement.

II. — TABLEAU DES ESPÈCES, SOUS-ESPÈCES, VARIÉTÉS ET SOUS-VARIÉTÉS (1) OBSERVÉES DANS LE GENRE CINCHONA, GROUPÉES DANS L'ORDRE DE LEUR FILIATION PRÉSUMÉE.

CINCHONA.

I. — STIRPS CINCH. OFFICINALIS.

Ramus A. — *Euofficinales.*

C. OFFICINALIS [1] Linn., *Syst. veg.*, éd. X, 929 ; Hook. fil., in *Bot. Mag.*, ann. 1863, n. 5364 ; How., in *Report of Internat. Hort. Congr.*, etc., p. 201. — C. Condaminea α vera Wedd., *Hist.*, p. 37, excl. syn. C. stup.

α. *Uritusinga* [2] How., l. c. — C. Uritusinga Pav., in How. *Illustr. Nov. Quinol.* cum icon. — C. macrocalyx δ Uritusinga, DC., *Prodr.*, IV, p. 353. — C. academica Guibourt, *Hist. des Drogues*, éd. 4, 3, p. 99.—C. lancifolia, var. ι, Mutis, in Markham *Chinch. of New. Gran.*, p. 25. — Quina-quina La Condamine.

β *Condaminea* [3] How., in *Rep.*, etc., p. 202. — C. Condaminea Humb. et Bonpl., *Pl. équin.*, t. X, pro p. (specim. fruct.). — C. Chahuarguera Pav. in How. *Illustr.* — C. Condaminea, var. Chahuarguera DC., l. c., p. 352. — C. lancifolia, var. μ Mutis, l. c., p. 26.

γ *Bonplandiana* [4] How., in *Rep.*, etc., p. 203.

a. *colorata* [4] How., l. c. — C. Chahuarguera, var. Pav., in How. *Illustr.*, cum icon.

b. *lutea* [4] How., in *Rep.*, etc., l. c.

c. *angustifolia* [5] How., in litt. — C. officinalis, var. lanceolata Broughton, mscr.

(1) Les noms des Espèces et des sous-Espèces sont en petites capitales (les secondes sont distinguées par un astérisque) ; ceux des Variétés et des sous-Variétés sont en italiques, et précédés : les premiers, de lettres de l'alphabet grec ; les seconds, de lettres de l'alphabet romain. Les chiffres placés immédiatement après le nom renvoient aux *Notes spéciales* qui font suite au Tableau.

* C. CRISPA [6] Tafalla, in How. *Illustr.*, cum icon. — C. officinalis δ crispa, How., in *Rep.*, etc., l. c. — C. violacea, Pav., l. c.? — C. lancifolia, var. ε Mutis, l. c.

Ramus B. — *Macrocalycinæ.*

C. MACROCALYX [7] Pav., ap. DC., in *Bibl. univ.*, 1829, 2, p. 151; *Prodr.*, 4, p. 353; How., *Illustr.*, cum icon.— C. Condaminea β Candollii Wedd., *Hist.*, p. 37, t. 4 *bis*, A; G. Planch., *Quinq.*, p. 77.

* C. PALTON [8] Pav., in How., l. c., cum icon.; G. Planch., l. c., p. 78.

* C. SUBEROSA [9] Pav., in How., l. c.; G. Planch., l. c., p. 136.

* C. COCCINEA [10] Pav., in How., l. c., cum icon.; G. Planch., l. c., p. 81.

* C. HETEROPHYLLA [11] Pav., in How., l. c., cum icon.; G. Planch., l. c., p. 136.

C. LUCUMÆFOLIA [12] Pav., in How., l. c., cum icon.; G. Planch., l. c., p. 91. — C. macrocalyx γ lucumæfolia DC., *Prodr.*, 4, p. 353. C. Condaminea γ lucumæfolia Wedd., *Hist.*, p. 38, t. 4 *bis*, B. — C. lancifolia var. η Mutis, l. c., p. 24.

β. *stupea* [12]. — C. stupea Pav., in. How. *Illustr.*, cum icon.

C. LANCEOLATA [13] Ruiz et Pav., *Fl. Peruv.*, 2, p. 51, et 3, p. 1, t. 223; How., l. c., cum icon.; G. Planch., l. c., p. 93. — C. lancifolia β lanceolata, DC., l. c.

Ramus C. — *Lancifoliæ.*

C. LANCIFOLIA [14] Mutis, in *Periodico de Santa Fe*, ann. 1793, p. 465; et in Markham, l. c., p. 18, exclus. var.; Humb., in *Mag. d. Ges. Nat. Fr. Berl.*, ann. 1807, p. 116; DC., l. c., p. 352; G. Planch., l. c., p. 94; Karst., *Fl. Columb.*, 1, fasc. 1, p. 28, t. 11 et in Markham, l. c., p. 52, cum icon.; How., in *Rep.*, etc., p. 218. — C. Condaminea δ lancifolia Wedd., *Hist.*, p. 38, t. 5. — C. angustifolia Ruiz et Pav., *Suppl.*, p. 14.

α *vera* [15] How., l. c., p. 220.

β. *rubra* [15 *bis*]. — C. lancifolia « Red variety » How., passim. — « Quinq. rouge de Mutis » Del. et Bouch., *Quinol.*, p. 36, non Mutis nec alior.

γ *obtusata* [15 *ter*] Karst., *Med. Chinarind.*, p. 36; How., l. c.

δ *Calisaya* [16].

ε *discolor* [17] Karst., *Fl. Columb.*, l. c., p. 22, t. 12.

* C. Forbesiana [18] How., in *Rep.*, etc., p. 199; *Quinol. of East. Ind. pl.*, p. 37*.

C. amygdalifolia [19] Wedd., *Hist.*, p. 45, t. 6; G. Planch., l. c., p. 106.

I. — Stirps Cinch. rugosæ.

Ramus A. — *Eurugosæ.*

C. Pitayensis [20] Wedd., in *Ann. sc. nat.*, 3e sér., t. XI, p. 269; G. Planch., l. c., p. 101; How., in *Rep.*, etc., p. 216. — C. Condaminea, var. Pitayensis Wedd., *Hist.*, p. 38.

α *colorata* [20].

β *Trianæ* [21]. — C. Trianæ Karst., *Fl. Columb.*, 1, fasc. 2, p. 45; Markham, l. c., p. 50, cum icon.

γ *pallida* [21].

δ *Almaguerensis* [21 *bis*] Rampon, in G. Planch., l. c., p. 103; How., l. c., p. 218.

* C. corymbosa [22] Karst., l. c., fasc. 1, p. 19, t. 10; Markham, l. c., cum icon.

C. rugosa [23] Pav., in How. *Illustr.*, cum icon. — C. Mutisii, var. rugosa, G. Planch., l. c., p. 133.

β *crispa* [23 *bis*]. — C. Mutisii, var. crispa Wedd , *Hist.*, t. 22, A; G. Planch., l. c., p. 132 — C. parabolica Pav., in How. l. c., cum icon. — C. quercifolia β crispa Pav., mscr., ex Lamb.

C. Mutisii [24] Lamb., *Illustr. gen. Cinch.*, p. 9, excl. syn. *Fl. Peruv.*; Wedd., *Hist.*, p. 69 (excl. var. β), t. 22, B. — C. microphylla Mutis, mscr., secund. Zea, fide Lamb., l. c.; Pav., in How., l. c., cum icon. — C. quercifolia Pav., mscr., in hb. Lamb.

C. hirsuta [25] Ruiz et Pav., *Fl. péruv.*, 3, p. 51, t. 192; Lamb., l. c., p. 10; Wedd., *Hist.*, p. 70, t. 21, B; How., l. c.; G. Planch., l. c., p. 134. — C. cordifolia β Rhode, *Monogr.*, p. 59. — C. pubescens γ hirsuta, DC., *Prodr.*, 4, p. 353.

Ramus B. — *Pahudianæ.*

C. Carabayensis [26] Wedd., in *Ann. sc. nat.*, 3e sér. 10, p. 9; *Hist.*, p. 67, t. 19.

C. Pahudiana [27] How., *Illustr.*, cum icon.; G. Planch., l. c., p. 127.

C. asperifolia [28] Wedd., in *Ann. sc. nat.*, l. c., p. 7; *Hist*, p. 66, t. 20.

C. UMBELLULIFERA [28] Pav., in How. *Illustr.*, cum icon.; G. Planch., l. c., p. 127.

C. GLANDULIFERA [29] Ruiz et Pav., l. c., t. 224; DC., l. c., p. 354; Wedd., l. c., p. 65, t. 21, A; How., l. c., cum icon.

C. HUMBOLDTIANA [30] Lamb., *Illustr. gen. Cinch.*, p. 7, non Rœm. et Schult.; Wedd., *Hist.*, p. 67, t. 10, B; G. Planch., l. c. p. 125. — C. villosa Pav., mscr.; Lindl., *Fl. med.* p. 422; How., *Illustr.*, cum icon.

β*conglomerata* [30 *bis*] Pav., in How., l. c., cum icon.; G. Planch., l. c., p. 126.

III. — STIRPS CINCH. MICRANTHÆ.

Ramus A. — *Scrobiculatæ.*

C. AUSTRALIS [31] Wedd., in *Ann. sc. nat.*, l. c., p. 7; *Hist.*, p. 48, t. 8; G. Planch., l. c., p. 114.

C. SCROBICULATA [32] Humb et Bonpl., *Pl. équin.*, 1, p. 165, t. 47; DC, l. c., p. 352; Wedd., l. c., p. 42; G. Planch., l. c., p. 104.

β *Delondriana* [32] Wedd., l. c., t. 7; C. Delondriana ejusd., in *Ann. sc. nat.*, l. c., p. 7.

C. PERUVIANA [33] How., *Illustr.*, cum icon.; G. Planch., l. c., p. 109. — C. Peruviana α vera How., in *Rep.*, etc., p. 205.

C. NITIDA [34] Ruiz et Pav., *Fl. Peruv.*, 2, p. 50, t. 191; Wedd., *Hist.*, p. 47, t. 10, A; How., *Illustr.*, cum icon.; G. Planch., l. c., p. 106. — C. lancifolia α nitida DC., l. c. — C. peruviana β nitida How., in *Rep.*, etc., p. 205.

Ramus B. — *Eumicranthæ.*

C. MICRANTHA [35] Ruiz et Pav., l. c., t. 194; DC., l. c., p. 354; Wedd., *Hist.*, p. 52; How., *Illustr.*, cum icon.; Planch., l. c. p. 111.

α *Huanucensis* [36]. — C. micrantha Ruiz et Pav., l. c. — C. Peruviana γ micrantha How., in *Rep.*, etc., p. 208.

a. *albiflora* [36].

b. *roseiflora* [36].

β *Reicheliana* [37] How., *Illustr.*, cum icon.

γ *affinis* [36]. — C. affinis Wedd., in *Ann. sc. nat.*, l. c., p. 8. — C. micrantha β oblongifolia Wedd., *Hist.*, p. 52, t. 15. — C. micrantha How., in *Rep.*, etc., l. c.

δ *calisayoides* [38].

ε *rotundifolia* [39]. — C. micrantha α rotundifolia Wedd., l. c., t. 14; How., l. c.

IV. — Stirps Cinch. Calisayæ.

C. Calisaya [40] Wedd., in *Ann. sc. nat.*, l. c., p. 6; *Hist.*, p. 30; G. Planch., l. c., p. 71.

α*vera* [41] Wedd., l. c.

a. *glabra.*

b. *pubera* [41].

β *microcarpa* [42].

γ *Boliviana* [43]. — C. Boliviana Wedd., in *Ann. sc. nat.*, l. c., p. 7; *Hist.*, p. 50, t. 9, A. — C. Calisaya, var. morada G. Planch., l. c., p. 75.

a. *glabra.*

b. *pubescens* [43].

δ *oblongifolia* [44].

ε *pellida* [45].

C. Josephiana [46]. — C. Calisaya β Josephiana Wedd., l. c., p. 31; G. Planch., l. c., p. 74.

a. *glabra* (Wedd., l. c., t. 3 *bis*, B).

b. *pubescens* [46].

c. *discolor* [46]. — C. Boliviana Wedd., l. c., pro parte, t. 9, B.

C. elliptica † [47].

V. — Stirps Cinch. ovatæ.

Ramus A. — *Succirubræ.*

C. purpurea [48] Ruiz et Pav., *Fl. Peruv.*, 2, p. 52, t. 193; Lamb., *Illustr. gen. Cinch.*, p. 6; DC., *Prodr.*, 4, p. 353; How., *Illustr.*, cum icon.; ejusd., in *Rep.*, etc., p. 212.— C. pubescens β purpurea Wedd., *Hist.*, p. 54. — C. cordifolia, var. α Mutis, l. c., p. 29, excl. syn.

C. rufinervis [49] Wedd. in *Ann. sc. nat.*, 3e sér., 10, p. 8; *Hist.*, t. 12. — C. ovata β rufinervis, ejusd., l. c., p. 60; G. Planch., l. c., p. 119.

C. SUCCIRUBRA [50] Pav., mscr.; Klotzsch, in *Abhandl. d. Kön. Ak. d. Wissensch.*, Berl., ann. 1858, p. 60; How., *Illustr.*, cum icon.; in *Rep.*, etc. p. 214; G. Planch., l. c., p. 122. — C. cordifolia, var. ε Mutis, in Markham, l. c., p. 31 (monente cl. How., in adnot.).

C. ERYTHRODERMA [51]. — C. ovata γ erythroderma, Wedd., l. c.

* C. ROSULENTA [52] How., in litt. — C. cordifolia, var. β Mutis, in Markham, l. c., teste Triana.. — « Quinquina Carthagène rosé » Del. et Bouch., *Quinol.*, p. 37. — « Quinquina à quinidine » Rampon, in G. Planch., l. c., p. 99.

* C. ERYTHRANTHA [10] Pav., in How. l. c., cum icon.; G. Planch., l. c., p. 80.

Ramus B. — *Euovatæ.*

C. OVATA [53] Ruiz et Pav., *Fl. peruv.*, 2, p. 52, t. 195; Wedd., *Hist.*, p. 60; How., *Illustr.*, cum icon.; G. Planch., l. c., p. 119. — C. pubescens Lamb., l. c., p. 6. — C. pallescens Ruiz, ap. Vitm., ex DC., *Prodr.*, 4, p. 353; How., in *Rep.*, etc., p. 218. — C. pubescens β ovata DC., l. c. — Casc. palido Ruiz, *Quinol.*, p. 74. — C. rubicunda Tafalla?

α *genuina* [54]. — C. pallescens β ovata How., in *Rep.*, etc., l. c.

β *vulgaris* [55]. — C. ovata α Wedd., l. c., t. 11; G. Planch., l. c., p. 119.

γ *pallescens* [56].— C. pallescens α vera How., l. c.

* C. PALALBA [57] Pav., mscr., ex DC., in *Bibl. univ.*, l. c.; *Prodr.*, l. c., p. 355; Wedd., *Hist.*, p. 71; How., *Illustr.*, cum icon. — C. cordifolia var. δ Mutis, in Markham, l. c., p. 30.

Ramus C. — *Cordifoliæ.*

C. CORDIFOLIA [58] Mutis, mscr., ex Humb., in *Mag. d. Ges. Fr. Berl.*, ann. 1807, p. 117; in Markham, l. c., p. 27; Lamb., *Illustr.*, p. 4; Karst., *Fl. Columb.*, 1, fasc. 1, p. 15, t. 8; et in Markham, cum icon.; How., in *Rep.*, etc., p. 214.

* C. LUTEA [59] Pav., in How. *Illustr.*, cum icon. — C. cordifolia, G. Planch., l. c., p. 128.

* C. PLATYPHYLLA [60]. — *C. cordifolia* Wedd., *Hist.*, p. 37, t. 17, excl. syn. et var. — C. cordifolia δ Peruviana, Karst., l. c. — C. ovata, var. cordata How., in *Rep.*, etc., p. 214.

* C. SUBCORDATA [61] Pav., in How. *Illustr.*; G. Planch., l. c., p. 130.

C. ROTUNDIFOLIA [62] Pav., in Lamb., l. c., p. 5. — C. cordifolia β rotundifolia Wedd., l. c., p. 37; G. Planch., l. c., p. 128.

C. TUCUJENSIS [63] Karst., l. c., t. 9; Markham, l. c., p. 59, cum icon.

C. PUBESCENS [64] Vahl, in *Act. Soc. hist. nat. Hofn.*, 1, p. 19, t. 2; Lamb., l. c., p. 6; DC., l. c., excl. var.; Wedd., l. c., p. 54, excl. var.; How., l. c.

* C. PELLETIERIANA [64] Wedd., in *Ann. sc. nat.*, l. c.; How., in *Rep.*, etc., p. 212. — C. pubescens, var. Pelletieriana Wedd., *Hist.*, p. 54, t. 16; Planch., l. c., p. 115.

* C. OBOVATA [65] Pav., in How. *Illustr.* — C. discolor Klotzsch, (teste Howard), in Walp., *Repert.*, 6, p. 65.

* C. VIRIDIFLORA [66] Pav., in How., l. c.

C. PURPURASCENS [67] Wedd., *Hist.*, p. 59, t. 18.

* C. DECURRENTIFOLIA [68] Pav., in How. *Illustr.*, cum icon.; Planch., l. c., p. 131.

C. CHOMELIANA [69] Wedd., *Hist.*, p. 64, t. 13.

C. BARBACOENSIS [70], Karst., *Fl. Columb.*, 1, fasc. 2, p. 147, t. 28; Markham, l. c., p. 61.

N. B. — Les *Notes spéciales* seront données dans le volume suivant.

MORÉES ET ARTOCARPÉES DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE,

Par M. E. BUREAU.

INTRODUCTION

L'intérêt que présente la végétation si curieuse de la Nouvelle-Calédonie m'engage à extraire du travail que je prépare pour le *Prodromus* la description des Morées et Artocarpées recueillies jusqu'ici dans cette île.

Les matériaux que j'ai eus à ma disposition pour ce fragment de flore sont nombreux et d'une grande valeur. MM. Brongniart et Gris, dont les études spéciales sur les plantes de cette contrée sont connues et appréciées de tous les botanistes, ont eu l'obligeance de me communiquer les Artocarpées et Morées des riches collections néo-calédoniennes rassemblées au Muséum. M. Lenormand a bien voulu m'envoyer les nombreuses espèces qui font partie de son bel herbier. M. Vieillard m'a confié celles qu'il a rapportées de son voyage. J'ai pu étudier, grâce à M. Aubry-Lecomte, directeur du musée des colonies, l'herbier de la Nouvelle-Calédonie qui fait partie des collections de cet établissement. Enfin j'ai vu un certain nombre d'échantillons du même pays dans l'herbier Delessert et dans celui de M. Alph. De Candolle.

La plupart de ces plantes ont été recueillies par MM. Vieillard, Deplanche et Pancher, et sont répandues dans plusieurs des herbiers dont je viens de parler. Quelques-unes cependant ne se trouvent que dans une seule collection : telles sont plusieurs espèces provenant des beaux envois de M. Balansa, qui n'existent qu'au Muséum d'histoire naturelle. J'ai soigneusement indiqué l'herbier où j'ai observé chaque plante, afin qu'on puisse vérifier plus facilement l'exactitude, soit des déterminations, soit des descriptions.

Le groupe des Morées et Artocarpées présente à la Nouvelle-Calédonie sept genres, dont trois pour les Morées et quatre pour les Artocarpées ; mais le genre *Ficus* contient à lui seul à peu près quatre fois autant d'espèces que tous les autres réunis.

J'ai dû remanier profondément les genres *Malaisia*, *Fatoua* et *Cudrania*. Chacun des deux premiers ne renferme, à mon avis, qu'une seule espèce, et il en est de même du genre *Pseudomorus*, que j'ai fondé sur une partie des Mûriers à périgone de la fleur femelle non accrescent. Dans le genre *Cudrania*, j'ai réuni aussi plusieurs espèces nominales en une seule.

Aux botanistes qui seraient disposés à penser que cette réunion a peut-être été poussée trop loin, je ferai remarquer qu'à l'époque où les différentes espèces de *Malaisia*, de *Fatoua*, etc., ont été créées, il n'existait dans les herbiers qu'un très-petit nombre d'échantillons de plantes appartenant à ces genres. On était, à cause de cela, frappé bien plus par les différences que par les analogies, et disposé à accorder à certains caractères une valeur spécifique, alors qu'on n'avait sous les yeux que des modifications légères et purement individuelles.

Aujourd'hui les collections se sont enrichies de manière à présenter tous les intermédiaires possibles entre les formes anciennement connues, et l'on est bien forcé de réunir ce qui autrefois était regardé comme distinct. Je suis très-convaincu qu'en présence des matériaux actuels, les auteurs recommandables qui ont établi les espèces dont je parle n'agiraient pas autrement que je le fais.

Ce que je signale aujourd'hui pour les Artocarpées et Morées se présente dans une foule d'autres groupes. Il y a un nombre considérable d'espèces fondées sur des caractères que l'examen d'échantillons nouveaux vient démontrer insuffisants ; c'est là, ainsi que la constatation de beaucoup de genres méconnus, un des résultats principaux qui ressortent de l'étude actuelle des grands herbiers.

Je ne serais pas étonné, à en juger d'après ce que j'ai vu, qu'il y eût dans la botanique exotique presque autant d'espèces anciennes à supprimer que d'espèces nouvelles à créer. Recher-

cher les vrais caractères spécifiques, les mettre en lumière et les dégager de ces caractères illusoires qu'on peut appeler les caractères d'échantillons, doit être, à mon avis, pour le botaniste descripteur, une préoccupation constante, surtout lorsqu'il étudie des groupes tropicaux, et qu'il est réduit à travailler sur la nature morte. Peut-être un jour viendra-t-il où la culture des plantes exotiques d'étude nous rendra des services que nous lui demanderions vainement aujourd'hui. On pourra alors élucider beaucoup de points, qui jusqu'à ce moment resteront obscurs; mais, en attendant, bien des rectifications pourront être faites par l'étude des herbiers nouveaux, et grâce à l'augmentation du nombre des échantillons dans les musées et à la diversité de leurs provenances.

Ce serait une grande erreur de regarder une telle étude comme peu importante; c'est avec les bonnes espèces qu'on fait les bons genres, et c'est le genre qui constitue, si je puis ainsi dire, l'unité mise en jeu dans les comparaisons et les groupements divers qui ont pour résultat le perfectionnement de la méthode et de la classification naturelle. D'où il résulte logiquement que l'examen approfondi de l'espèce est la base même de l'étude des affinités, de cette branche de la science des végétaux que nous avons le droit et que nous pouvons être fiers d'appeler la *botanique française*.

Cet ordre de travaux demande aujourd'hui, plus que jamais, encouragement et protection. S'il a donné dans notre pays des résultats si grands, c'est que nul n'est mieux approprié à la nature de l'esprit français. Il convient certes de donner libre accès au courant qui nous vient d'Allemagne; mais nous ne devons pas le laisser envahir la France entière. Tant que la méthode naturelle n'aura pas dit son dernier mot, il sera bon que des travailleurs s'attachent à l'œuvre nationale; qu'ils cherchent, comme l'auraient fait les maîtres eux-mêmes, à l'améliorer et la perfectionner sans cesse, en appliquant à la confirmation des affinités reconnues et à la recherche d'affinités nouvelles les moyens dont nous disposons aujourd'hui; je citerai en particulier l'examen de la structure intime et du mode de déve-

loppement des organes. Or, il est impossible d'entrer dans une telle voie, si l'on n'a pour point de départ l'étude, et je dirai même l'étude minutieuse des espèces.

Ces considérations m'ont entraîné un peu loin de la Nouvelle-Calédonie ; mais je ne les regrette pas, si elles peuvent être utiles, et je reviens à mon sujet en disant que cette réunion d'espèces anciennes dont j'ai parlé m'a engagé à donner une synonymie aussi complète que possible et des descriptions de formes qui n'appartiennent pas à la Nouvelle-Calédonie. Ces descriptions m'ont paru nécessaires pour compléter l'histoire de l'espèce telle que je la comprends, et pour bien faire saisir la position de la forme néo-calédonienne dans la série des variétés.

Au point de vue de la géographie botanique, les Morées et Artocarpées de la Nouvelle-Calédonie confirment les faits déjà reconnus pour d'autres familles : on trouve parmi ces plantes un mélange de formes indiennes, australiennes, polynésiennes, mêlées à des types tout à fait spéciaux, et qui s'écartent même notablement des genres avec lesquels ils ont l'analogie la plus prochaine.

Ainsi le genre *Malaisia* se retrouve aux îles Viti, à la Nouvelle-Hollande, dans l'archipel Indien et jusqu'en Chine.

Le *Morus Brunoniana*, qui devient le type d'un genre nouveau, habite, avec des formes diverses, l'île de Norfolk, les îles Sandwich et l'Australie.

Le genre *Fatoua* existe aux Moluques et au Japon, mais manque en Australie.

Enfin, le *Cudrania javanensis* a une extension plus considérable, puisqu'il se trouve, sans modification bien appréciable, depuis la Nouvelle-Hollande jusque dans l'Inde et au Japon.

A côté de ces formes, présentant une grande extension géographique, se trouve un genre spécial et très-intéressant, puisque c'est le genre le plus voisin des *Ficus* que l'on connaisse jusqu'ici, bien que les différences soient encore assez profondes. Je l'ai appelé *Sparattosyce* (figue déchirée), pour indiquer un de ses caractères les plus remarquables. Les fleurs mâles et les fleurs

femelles sont renfermées dans des réceptacles distincts; les étamines sont extrorses, et les styles sortent longuement par l'ouverture supérieure du réceptacle femelle, par ce qu'on peut appeler l'œil de la figue. A la maturité, tous ces réceptacles se déchirent de haut en bas, s'étalent et prennent à peu près l'apparence de réceptacles de *Dorstenia*. Rien jusqu'ici, dans l'immense groupe des Artocarpées, ne donnait l'idée d'une semblable organisation.

Quant aux vrais *Ficus*, les uns se retrouvent dans l'Inde ou dans l'archipel Indien, d'autres dans quelques îles de la Polynésie, d'autres enfin en Australie, et, parmi les espèces nouvelles qui sont nombreuses, la plupart viennent se placer près de types appartenant à l'une des régions que je viens d'indiquer.

Les descriptions suivantes éclairciront et compléteront suffisamment, je l'espère, ce qui pourrait manquer à cette introduction.

MOREES.

MALAISIA. Blanco, *Flor. de Filip.*, éd. 1 (1837), p. 789; éd. 2 (1845), p. 543; Planchon, *Ann. sc. nat.*, 4e sér., III, p. 293; Blum., *Mus. bot. lugd.-bat.*, 2, p. 75; Miq., *Flor. Ind. bat.*, 1, pars 2, p. 281.

Dumartroya Gaudich., *Voy. de la Bonite*, t. 97.

Cephalotrophis Blum., *Mus. bot. lugd.-bat.*, 2, p. 75, t. XXVII; Miq., *Flor. Ind. bat.*, pars 2, p. 281.

Caturi sp. Lour., *Fl. Cochinch.*, éd. 1 (1790), p. 612, et éd. 2 (1793), p. 751.

Trophidis sp. Hook. et Arn., *Bot. of capt. Beechey's Voy.*, p. 214.

Mori sp. Blum., *Bijdr.*, p. 488.

La description la plus complète de ce genre se trouve dans Blume ; mais elle est inexacte en ce qui concerne la graine, et doit être rectifiée de la manière suivante :

Semen ex apice loculi pendulum, globulosum ; testa papyracea. *Embryo* inversus ; radicula supera, breviuscula, obtusa ; cotyledones orbiculares, basi auriculatæ, valde inæquales, altera maxima, facie externa convexa, sæpius in longitudinem pluricostata, imo dorso obtuse lobata, facie interna concava et alteram cotyledonem minimam, dorso concavam, amplectente. *Albumen* gelatinosum concavitate magnæ cotyledonis latitans, hujusque totam longitudinem, vix autem tertiam latitudinis partem tenens.

MALAISIA TORTUOSA Blanco.

Cephalotrophis javanica Blum., *Mus. bot. lugd.-bat.*, 2, p. 75, t. XXVII ; Miq., *Fl. Ind. bat.*, 1, pars post., p. 281.

Les espèces de *Malaisia* décrites dans divers auteurs ne constituent, à notre avis, que de simples modifications d'une même espèce. Les descriptions du *Cephalotrophis javanica* données par Blume et Miquel sont les seules qui comprennent ces différentes formes. Nous rapporterons les autres synonymes aux variétés auxquelles ils appartiennent.

α. racemosa, foliis parvis, ellipticis, oblongis, basi cuneatis, apice acutis, rarius obtusis ; capitulis femineis pedicellatis vel subsessilibus, secus rachin axillarem dispositis.

Malaisia tortuosa Blanco, *Flor. de Filip.*, éd. 1 (1837), p. 789, éd. 2 (1845), p. 543 ; Blum., *Mus. bot. lugd.-bat.*, 2, p. 75 ; Planchon, *Ann. sc. nat.*, 4e sér., III, p. 294 ; Miq., *Flor. Ind. bat.*, 1, pars 2, p. 282.

Exs. Manille, *Cumming*, n. 1314 (herb. Mus. par., Deless., Candoll., Boissier). — Queensland, Australie, *Ferd. Mueller*, sub nom. *Malaisia Cunninghami* (herb. Mus. par.).

β. acuminata, foliis ovato-lanceolatis, basi obtusis, apice

sensim attenuatis, acutis ; capitulis femineis pedicellatis et secus rachin axillarem dispositis.

Malaisia acuminata Planch., l. c.

Exs. Clarence river, Australie, *Ferd. Mueller* (herb. Mus. par.).

γ. *viridescens*, foliis ellipticis, ovato-oblongis vel obovato-oblongis, basi obtusis vel cuneatis, apice obtusis vel brevissime acuminatis ; capitulis femineis axillaribus, solitariis vel pluribus, in umbellam dispositis, pedunculo communi brevissimo vel subnullo.

Malaisia viridescens Planch., l. c., p. 293, et M. Cunninghami Planch., l. c., p. 294.

Exs. Nouvelle-Hollande, Morton-bay, octobre 1843, *Leichhardt* (herb. Mus. par.). — Nouvelle-Calédonie, *M'Gillivray* (herb. Candoll.). — Nouvelle-Calédonie, *Deplanche*, n. 174 (herb. Mus. par.). — Sarmenteux. Balade, 1855-60, *Vieillard*, herb. de la Nouvelle-Calédonie, n. 1208 (herb. Mus. par., mus. colon. et Lenormand). — Gatape, 1867, 1868, *Vieillard*, herb. de la Nouvelle-Calédonie, n. 1208 (herb. Vieillard et Lenormand). — Nouvelle-Calédonie, *Pancher*, n. 413. Tige grimpante, longue de 10 à 12 mètres. Fl. en octobre (herb. Mus. par. et mus. colon.). — Arbrisseau de 3-4 mètres de hauteur ; bosquets des environs de Nouméa, Nouvelle-Calédonie, septembre-octobre 1868, *Balansa*, n. 620 (herb. Mus. par.). — Plante grimpante. Bourail, Nouvelle-Calédonie, dans les bois, mars-avril 1869. Fruct. *Balansa*, n. 1042 (herb. Mus. par.). — Timor, *Cephalotrophis javanica* Bl., *Trophis coccinea* Zp. Communic. ex herbario lugduno-batavo (herb. Mus. par. et Candoll.).

δ. *scandens*, foliis ellipticis vel oblongis, basi subcordatis, apice in caudam brevem abrupte contractis. Inflorescentia feminea ut in varietate γ.

Malaisia scandens Blum., *Mus. bot. lugd.-bat.*, 2, p. 76; Planch., l. c., p. 293.

Caturus scandens Lour., *Flor. coch.*, éd. 1, p. 612, et éd. 2, p. 751.

Trophis scandens Hook. et Arn., *Bot. of. capt. Beechey's Voy.*, p. 214.

Morus javanica Blume, *Bijdr.*, p. 488.

Dumartroya fagifolia Gaudich., *Voy. Bonite*, t. XCVII.

Exs. Hort. bot. calc. e China introd. Voyage de *Gaudichaud* sur la Bonite, 1836-37.— Calcutta. Plantes données par *Wallich*, n. 457 (herb. Mus. par.). — Hort. bot. calc. e China a D° *Reever* miss. Comp. angl. des Indes. *Morus?? scandens* Wall., *Cat. Wall.*, n. 4652 (herb. Deless. et Candoll.). — Chine, mars-mai 1837. Plantes récoltées par M. *Callery*, missionnaire français à Macao (herb. Mus. par. et Deless.). — Canton, Chine. *Trophis scandens* Hook. et Arn., *Walker Arnott*, 1836 (herb. Deless.). — Moha Hills, China, *Park*, n. 137 (herb. Candoll.). — Java, *Leschenault* (herb. Mus. par.). — Java, *Zollinger*, n. 708 (herb. Deless., Candoll. et Boissier). — Viti or Fiji Islands, coll. by *Seemann* in 1860, n. 434 (herb. Candoll.).

PSEUDOMORUS.

Mori spec. Endl., *Prodr. Fl. Norfolk*, p. 40 ; *Atakta bot.*, p. 32.

Strebli spec. Ferd. Muell., *Fragm. phyt. austr.*, 6, p. 192.

Flores masculi et feminei in amenta distincta congesti. Masc. *Perigonium* 4-fidum, lobis æstivatione imbricatis. *Stamina* 4 lobis opposita; filamenta æstivatione inflexa, demum explicata, exserta; antheræ subglobosæ, introrsæ, 2-loculares, loculis rima longitudinali dehiscentibus. *Rudimentum ovarii* centrale obpyramidatum. Fem. *Perigonium* 4-partitum, laciniis æstivatione imbricatis. *Ovarium* ovatum, glabrum, 1-loculare ; ovulum e summo pariete pendulum, micropyle supera. *Stylus* quasi nullus; stigmata 2 lineari-subulata, facie interiore papilloso-pubescentia. *Drupeola* stigmatibus coronata, calyce non accrescenti basi stipata; epicarpium tenuissimum, læve, mesocarpium carnosum, endocarpium crustaceo-sublignosum. *Semen* pendulum, subglobosum; testa membranacea, lævis. *Embryo* globoso-subcompressus, cotyledonibus semi-globosis, crassis subæqualibus, facie plana applicatis, radicula subulato-cylindrica, cotyledonibus breviore dorsoque cotyledonis superioris incumbente. *Albumen* parcissimum vel subnullum ex utroque radiculæ latere nidulans.

Arbor monoi-dioica (1) lactiflua, interdum excelsa, jam statu fruticoso florens, Polynesiam et Australiam incolens, multiformis. Folia alterna, petiolata. Stipulæ subscariosæ, amplexicaules, caducæ. Amenta axillaria, solitaria, plus minus pedunculata, pedunculo et rhachi bracteis minimis peltatis sparsis.

Ce genre diffère du genre *Morus* : par le calice toujours membraneux, même lorsqu'il accompagne le fruit ; par l'albumen presque nul et n'existant que sur les côtés de la radicule ; par l'embryon à grands cotylédons épais, semi-globuleux, et par un port bien distinct.

Pseudomorus Brunoniana, ramosa, ramis ultimis pubescentibus, foliis amplitudine et forma mirum in modum variantibus, integris, serratis vel lobatis, supra lævibus vel scabris, subtus scaberulis vel scabris, secus nervos puberulis, petiolis pubescentibus, stipulis ovato-lanceolatis vel lanceolatis, puberulis, ramum amplectentibus, mox caducis et cicatricem annularem relinquentibus ; amentis axillaribus solitariis, sed gemma laterali minima comitatis in ramusculum nonnunquam evoluta ; floribus perigonio pubescenti, masculis lobis ovato-triangulatis, obtusis, femineis laciniis ovatis vel subrotundatis, obtusissimis ; ovario ovato ; fructu globoso, perfecta maturitate succulento, flavo vel atro-rubro ; semine globoso-subcompresso.

Amenta mascula 2-4 centim. longa (nunquam vidi 1/2-1 pedem longa, ut dicit Endlicher), pedunculo 3-25 millim. longo sustenta, feminea 5 millim.-2 cent. longa. Flores ad apicem inflorescentiæ magis evoluti.

α. pendulina, foliis basi obtusissimis vel subcordatis, apice attenuato-acuminatis, acumine acuto vel subacuto, margine crebre et acute serratis, nervis secundariis magis approximatis quam in aliis formis, patentissimis, interdum subtransversis.

Complectitur formas sequentes :

Subvar. *castaneæfolia*, foliis lanceolatis, nervis secundariis ex utroque nervi medii latere 12-16.

(1) Monoï-dioïque, d'après les notes manuscrites de M. Pancher. Les nombreux échantillons que j'ai vus sont tous unisexués.

Foliorum petiolus 5-8 millim. longus, limbus 7-13 centim. longus, 2 1/2-4 centim. latus.

Constat e duobus variationibus :

Variatio *scabra*, foliis rigidis, utrinque scabris.

Morus pendulina F. Bauer, *Illustr. plant. Norfolk*, t. 186, ined.; Endl., *Prodr. Norfolk* (1833), p. 40, n. 84.

Boehmeria castaneæfolia Cunn., ms. in herb. Candoll.

Exs. Norfolk Island, *Al. Cunningham*, n. 30 (herb. Candoll. et Boissier). — Norfolk Island, herb. donné par MM. *Hooker* et *Thomson*, 1859 (herb. Mus. par.). — Legit in eadem insula, ad sinum Ansonis, mens. aug. et sept. florentem, *F. Bauer*, ex Endl.

Variatio *lævis*, foliis membranaceis supra lævibus, subtus vix asperulis.

Exs. Iles Sandwich, Kauai, *Remy*, n° 205 (herb. Mus. par.).

Subvar. *ovalifolia*, foliis ovatis, supra lævibus, subtus asperulis, nervis secundariis ex utroque nervi medii latere 9-11.

Foliorum petiolus 4-5 millim. longus, limbus 3 1/2-6 1/2 longus, 18-34 millim. latus.

Exs. Bois au-dessus de Koo, Hawai, îles Sandwich, 1^er^ juillet 1853, *Remy*, n. 204 (herb. Mus. par.).

β. *australiana*, foliis membranaceis, ellipticis vel subrhombeo-ellipticis, basi attenuatis, apice attenuato-acuminatis, acumine acuto vel subacuto, margine serratis, dentibus minimis distantibus, supra lævibus, subtus scabris, nervis secundariis ex utroque nervi medii latere 8-10, ascendentibus arcuatis vel subarcuatis.

Morus Brunoniana Endl., *Atakta bot.* (1833), p. 32.

Streblus Brunoniana F. Mueller, *Fragm. phyt. austr.*, 6, p. 192.

Foliorum petiolus 4-5 millim. longus, limbus 4-8 centim. longus, 2-3 centim. latus.

Exs. Clarence riv., Rockingham-bay et Rockampton, Australie.

F. Mueller (herb. Mus. par.). — Morton-bay, Nouvelle-Hollande, *Leichhardt* 1845 (herb. Mus. par.).

Obs.— D'après M. F. Mueller, les feuilles de cette plante sont nuisibles aux Vers à soie, et les indigènes se servent du bois, qui est résistant, pour faire les sortes de javelots courbes qu'ils nomment *boomerang*.

γ. *obtusata*, foliis membranaceis vel rigidiusculis, ovatis, ellipticis vel subrhomboidalibus, plerumque basi et apice attenuatis, summo apice obtuso vel subobtuso, margine integris vel sinuato-crenulatis, supra lævibus, subtus lævibus, asperulis vel scabris, nervis secundariis ex utroque nervi medii latere 7-12 patentibus, subrectis.

Frutex 3-4 metr., monoicus vel dioicus ex Pancher et Deplanche ms. Foliorum petiolus 2-5 millim. longus, limbus 2-7 1/2 centim. longus, 1-3 1/2 centim. latus.

Exs. Kanala, Nouvelle-Calédonie, *Deplanche*, n° 103 (herb. Mus. par., Candoll., Vieillard et Lenormand). — Gatape, *Vieillard*, herb. de la Nouvelle-Calédonie, n. 3257. Arbuscula 1 metr. alta (herb. Vieillard et Lenormand). — Bourail, Nouvelle-Calédonie, mars 1869, *Balansa*, n. 1044 (herb. Mus. par.). — Ilot madréporique de Siandé, près de l'embouchure de la Néra, Nouvelle-Calédonie, 13 mars 1869, *Balansa*, n° 1043 (herb. Mus. par.). — Touffes de 3 à 4 mètres; monoïque ou dioïque. Bois sur les coraux soulevés de l'île des Pins. Fl. en janvier, février. *Pancher*, n. 412, et *Deplanche*, n. 180 (herb. Mus. par.).

Subvar. *lobata*, foliis 3-lobatis, rarius 5- vel 7-lobatis, sinubus profundis, lobis obtusis crenulato-denticulatis.

Exs. Arbrisseau monoï-dioïque, haut de 3 mètres. Floraison en mars, bois touffus de l'île des Pins, *Pancher* (herb. Viaud-Grand-Marais). — Nouvelle-Calédonie, *Vieillard*, avec un *Ficus*, sous le n° 1247 (herb. Mus. par., mus. colon. et Vieillard).

Obs. — Des feuilles lobées peuvent se montrer sur des individus et même sur des rameaux qui portent en même temps des feuilles de forme ordinaire. C'est ce qu'on voit sur le n° 3257 de M. Vieillard.

FATOUA Gaud., *Voy. Freycinet*, p. 509 ; id., *Voy. Bonite*, tab. 84 ; Decne, *Herb. timor.*, p. 164 ; Blum., *Mus. bot. lugd.*-

bat., 2, t. XXXVIII; Miq., *Flor. Ind. bat.*, 1, pars 2, p. 282; id., *Ann. Mus. bot. lugd.-bat.*, 3, p. 192.

Urticæ spec. Thunb., *Flor. jap.*, p. 70.

Fleuryæ spec. Miq., in *Zoll. Cat.*, p. 103, et *Flor. Ind. bat.*, 1, pars 2, p. 229.

FATOUA PILOSA, ramis adultis glabris, junioribus petiolisque pube dimorpha vestitis, pilis aliis confertis, minimis, aliis discretis, multo longioribus, patentibus; foliis membranaceis, margine duplicato-crenato-dentatis, basi trinervibus, utrinque pilosis et asperis.

Planta herbacea, basi sæpe sublignosa. Folia ovata, ovato-lanceolata vel lanceolata, basi obtusa, cordata vel cuneata, apice acuta vel summo apice obtusata, utrinque pilis inæqualibus caducis et basin tuberculiformem relinquentibus, supra discretis, subtus magis confertis sparsa, nervis majoribus præterea pilis minimis ramulorum instar subtomentosis. Stipulæ herbaceæ, triangulatæ vel lanceolatæ, acutæ, pilosæ. Peduncl us infloresceutiæ gracilis pubescens, petiolo brevior. Perigonium extra pilosum, floris masculi laciniis ovato-lanceolatis, feminei ovatis. — Flores aliquot inveniuntur androgyni, stamine unico rite evoluto sub ovario inserto.

α. *lanceolata*, foliis superioribus lanceolatis, plerumque basi obtusis, inferioribus ovatis, basi subcordatis.

Fatoua lanceolata Decne, *Herb. timor.*, p. 492; Gaudich., *Voy. Bonite*, t. LXXXIV, f. 3.

Urtica manillensis Walpers ex Meyen in herb. Mus. par.; sed hoc nomen apud Walpers non inveni.

Exs. Timor, *Leschenault* (herb. Mus. par.). — Manille, *Meyen* (herb. Mus. par.).

β. *subcordata*, foliis ovatis, basi subcordatis vel cuneatis.

Fatoua subcordata Gaudich., *Voy. Bonite*, t. LXXXIV, f. 2.

Urtica japonica Thunb., *Flor. jap.*, p. 70.

Fatoua japonica Blum., *Mus. bot. lugd.-bat.*, 2, t. XXXVIII.

— Fatoua aspera Gaudich., *Voy. Freyc.*, p. 510 ; Miq. *Ann. Mus. bot.-lugd. bat.*, 3, p. 192. — F. pilosa Gaudich., *Voy. Freyc.*, p. 509 ; id., *Voy. Bonite*, t. LXXXIV, f. 1.

Exs. Nouvelle-Calédonie, *Beaudouin*, herb. n. 999 (herb. Bur.). — Ile des Pins, *Deplanche*, herb. de la Nouvelle-Calédonie, n. 523 (herb. Lenormand). — Nagasaki, Japon, *Oldham*, n. 780 (herb. Mus. par.). — Rawak, *Gaudichaud* (herb. Mus. par.).

Obs. — Les échantillons cueillis au Japon par Oldham ont les feuilles presque en cœur à la base, et cependant atténuées en coin près du pétiole. Ils établissent donc un intermédiaire entre le *F. subcordata* de Gaudichaud, à feuilles presque cordiformes, et son *F. pilosa*, à feuilles tout à fait en coin à la base. On trouve, du reste, assez souvent sur un même échantillon les différentes formes de feuilles que nous venons d'indiquer. Un des échantillons de la Nouvelle-Calédonie cueillis par M. Deplanche a les feuilles de la var. β dans le haut, et celles de la var. γ dans le bas.

γ. *cordata*, foliis ovatis, interdum suborbiculatis, basi cordatis.

Subvar. *glechomæfolia*, foliis parvis, petiolo gracillimo, 7 millim. longo, limbo 16-20 millim. longo, 12-20 millim. lato.

Fleurya glechomæfolia Miq., in *Zoll. Syst. Verzeichn. indisch. Archip.*, p. 103 et 106 ; id., *Fl. Ind. bat.*, 1, pars 2, p. 229.

Exs. Java, *Labillardière* (herb. Mus. par.). — Java, *Zollinger*, n. 1874 (herb. Mus. par. et Deless.).

Subvar. *globulifera*, foliis majoribus, petiolo 1 1/2 centim. longo, limbo ad 38 millim. longitudine, 28 millim. latitudine attingente.

Fatoua cordata Gaudich., *Voy. Freyc.*, p. 510.

Parietaria aspera Leschen., ms. in herb. Juss. ; Endl. *Gen. plant.*, suppl. 4, pars 2, p. 34.

Fleurya globulifera Miq., in *Zoll. Syst. Verzeichn. indisch. Archip.*, p. 103 et 106. — Fl. scabra Miq., l. c., excl. syn. Bl.

Exs. Java, *Leschenault* (herb. Mus. par.). — Java, *Zollinger*, n. 2149 (herb. Mus. par.).

ARTOCARPÉES.

ARTOCARPUS, Lin.

Il y a à la Nouvelle-Calédonie une espèce d'*Artocarpus*. Voici ce qu'en disent MM. Vieillard et Deplanche (*Essais sur la Nouvelle-Calédonie*, p. 115, extrait de la *Revue maritime et coloniale*, 1863) : « La Nouvelle-Calédonie possède une espèce » d'Arbre à pain qui nous a paru différer de l'*Artocarpus incisa* » de Taïti. Ses feuilles sont plus larges, moins incisées, et ses » fruits, beaucoup plus petits, renferment toujours un certain » nombre de graines parfaitement développées. Cet arbre est » peu commun, et ne produit qu'une fois par an. » Il faut attendre de nouveaux renseignements pour savoir si c'est une espèce spontanée ou introduite. Je n'en ai pas trouvé d'échantillons dans les herbiers que j'ai parcourus; mais il en existe un individu vivant dans les serres du Muséum. Cette jeune plante n'a malheureusement encore que quelques décimètres de haut, de sorte qu'elle peut bien ne pas présenter tous les caractères qu'elle offrira plus tard, et qu'il est difficile de hasarder une détermination spécifique. Les feuilles sont la plupart entières et quelques-unes avec un lobe sur un des côtés seulement. Il est fort possible que ce soit l'*Artocarpus integrifolia*, dont les feuilles sont parfois un peu lobées. Dans tous les cas, je suis très-disposé à croire, comme MM. Vieillard et Deplanche, que ce n'est pas l'*Artocarpus incisa*.

CUDRANIA, Trecul, *Ann. sc. nat.*, 3e série, VIII (1847), p. 122; Hasskl, *Hort. bogor.*, p. 165; Miq., *Plant. Yunghuhn.*, p. 44.

Cudranus Rumph., *Amboin.*, 5, p. 22; Miq., *Fl. Ind. bat.*, 1, pars post., p. 290, et suppl. 1, p. 423; Thwaites, *Enum. plant. Zeylan.*, p. 262.

Maclura part. Miq., in *Zoll. Cat.*, p. 89; Blum., *Mus. bot. lugd.-bat.*, 2, p. 83; Miq., *Fl. Ind. bat.*, 1, pars post., p. 280.

Trophis part. Wall., *Cat.*

Batis Roxb. Wall., *Cat.*

Morus part. A. Cunningh. ms.; Endl., *Gen. plant.*, suppl. 4, pars 2, p. 34.

Cudrania javanensis Trecul, *Ann. sc. nat.*, l. c., p. 123 (non Wight, *Icon.*, t. 1961). — C. javensis Hasskl, *Hort. bogor.*, p. 165 et 166. — C. indica id., p. 166. — C. obovata, Trec., *Ann. sc. nat.*, l. c., p. 126; Hasskl, l. c., p. 169; Miq., *Pl. Yunghuhn.*, p. 45. — Cudranus bimanus s. javanus Rumph., *Amboin.* 5, p. 22, t. 15. — C. amboinensis sylvestris Rumph., l. c., p. 25, t. 16. — C. amboinensis Miq., *Fl. Ind. bat.*, 1, pars post., p. 290. — C. obovatus Miq., l. c., et suppl. 1, p. 423. — C. Rumphii Thwait., *Enum. plant. Zeylan.*, p. 262.

Maclura javanica Miq., in *Zoll Cat.*, p. 87; Blum., *Mus. bot. lugd.-bat.*, 2, p. 83, t. 31; Miq., *Fl. Ind. bat.*, 1, pars post., p. 280. — M. timorensis Blum., *Mus. bot. lugd.-bat.*, 2, p. 84. — M. amboinensis Blum., l. c.

Trophis spinosa Wall., *Cat.*, 4641, B, C, D.

Batis fruticosa Roxb ? Wall., *Cat.*, 4643, B.

Morus calcar-Galli A. Cunningh. ms.; Endl. *Gen. plant.*, suppl. 4, pars 2, p. 34.

Exs. Nouvelle-Calédonie, *Deplanche*, cat. n° 177. Petit buisson de 45 à 50 centimètres de haut, île d'Iué, juin-juillet 1860 (herb. Mus. par. et mus. colon.). — Port-de-France, bord de la mer ; Gatape 1860, *Vieillard*, (herbier de la Nouvelle-Calédonie, n. 1214). Arbuste sarmenteux et épineux (herb. Mus. par., mus. colon., Vieillard et Lenormand). — Com-

mun. île des Pins et Nouvelle-Calédonie *Pancher*. Sous-arbrisseau épineux, 3 mètres. Fl. jaunes en janvier (herb. Mus. par.). — Nouméa, Nouvelle-Calédonie, septembre-octobre 1868, *Balansa*, n. 617. Arbrisseau rameux, diffus et souvent grimpant (herb. Mus. par.). — Bourail, Nouvelle-Calédonie, mars 1869, *Balansa*, n. 1046. Arbrisseau diffus et épineux de 2 mètres de hauteur (herb. Mus. par.).

Se trouve aussi dans l'Inde, en deçà et au delà du Gange, dans les îles de la Sonde, aux Philippines, aux îles Loo-choo, au Japon et à la Nouvelle-Hollande.

Obs. — On peut maintenant observer dans les herbiers tou ses intermédiaires possibles entre les *Cudrania javanensis* et *obovata* Trec. On doit donc réunir ces deux formes en une seule espèce, dont il est à peu près certain que le *C. pubescens* Trec. est une simple variété.

SPARATTOSYCE (1).

Flores dioici, in receptaculis ficiformibus primum inclusi et congesti. *Receptacula* demum in longitudinem rupta, explicata et plana. Masc. *Perigonium* 3-6-phyllum foliis imbricatis, basi auriculatis, auriculis minimis staminum filamentis imis interpositis. *Stamina* 3-6, perigonii foliis opposita iisdemque multo breviora, antheris subglobosis, extrorsis, bilocularibus, loculis rima longitudinali dehiscentibus. *Rudimentum* ovarii centrale stigmatibus 1-2 brevibus filiformibus superatum. Fem. *Perigonium* 6-10-phyllum foliis imbricatis. *Ovarium* sessile, pericarpio tenui; ovulum unicum anatropum, e summo pariete pendulum, micropyle supera. *Stylus* filiformis, sublateralis, longissimus et os apicis receptaculi multum transgrediens; stigma 1 vel stigmata 2 filiformia, papillosa. *Fructus* perigonio persistenti stipatus, achænium mentiens sed vere drupeolatus, epicarpio indistincto, mesocarpio tenuissimo, carnoso-mucoso, endocarpio crasso, osseo. *Semen* prope apicem loculi, sub origine styli demum rupti insertum; testa tenuis. *Embryo* exalbuminosus, cotyledonibus latissimis, obtusissimis, reclinatis et

(1) Des mots grecs σπαράττειν, lacérer, et συκῆ, figuier, pour rappeler la déchirure du réceptacle, qui est un des caractères les plus saillants de ce genre.

conduplicato-corrugatis, inferiore externa interiorem superiorem involvente et radiculam superam, cylindricam, acutam, auriculis latissimis circumducente.

Arbor neo-caledonica, dioica, foliis alternis, integris, stipulis amplexicaulibus gemmam terminalem divaricato-obliquam arcte tegentibus, dein caducis; receptaculis axillaribus.

Ce genre constitue un vrai type néo-calédonien. Par l'organisation de ses fleurs femelles et par son réceptacle ne présentant d'abord qu'une petite ouverture au sommet, il a sa place marquée auprès du genre *Ficus*. Il en diffère néanmoins beaucoup par les styles dépassant longuement l'ouverture du réceptacle femelle; par les fleurs mâles, dont les étamines sont extrorses, comme celles des *Antiaris* et des *Sorocea*, ce qui établit un lien de plus entre les tribus des *Ficeæ* et des *Brosimeæ*, tribus qui se touchent dans la classification de M. Trécul; enfin par la rupture longitudinale des réceptacles mâles et femelles, qui sont largement ouverts et tout à fait plans au moment de la maturité. Ce dernier caractère ne se retrouve dans aucun autre genre d'Artocarpées.

Sparattosyce dioica, glabra, ramis subsinuatis, griseis vel fuscescentibus; foliis petiolatis, varie ellipticis vel obovatis, coriaceis, supra lævibus, infra primum rubiginosis, demum pallidis et adpressissime furfuraceis, vel pallide viridibus et omnino glabris, penninervibus; stipulis brevibus, acutis, furfuraceis; receptaculis solitariis vel geminatis, pedunculatis, facie exteriore pauci-, apice multi-bracteatis, et cum pedunculo et bracteis exterioribus adpresse fulvo-tomentosis; masculis floribus numerosis repletis, femineis flores circiter 6 tantum amplectentibus; perigonii masculi foliis late lanceolatis, facie exteriore puberulis, feminei lanceolatis, glabris, acutissimis.

Arbor 6-10 metr. alta. Foliorum petiolus 2-3 centim. longus, rimulis transversis striatus, facie superiore sulcatus, medio sulco in longitudinem costulato, limbus basi acutus vel subobtusus, apice subacuminatus. Foliorum late ellipticorum limbus 6 1/2-16 1/2 centim. longus, 3 1/2-9 1/2 centim. latus, longe ellipticorum 12-19 cent. longus, 4 1/2-7 centim. latus. Receptaculum floriferum pedunculo circiter 1 centim. longo paulo brevius, facie exteriore bracteis 2-3, ore et summa facie exteriore bracteis multis onustum. Pedunculus 1-2-bracteatus vel nudus. Bracteæ pedunculi bracteæque exteriores receptaculi triangulares, tomentosæ, cæt

late lanceolatæ, glabræ. Receptaculum femineum primum ellipticum, demum ficiforme, fructiferum interdum irregulare, statim ante dehiscentiam 1 1/2 centim. longum, pedunculo 2 centim. longo. Ovarium subobovatum. Fructus obovato-subglobosus. Semen subglobosum.

Exs. Kanala, *Vieillard*, herb. de la Nouvelle-Calédonie, n. 1245, 3245 et 3246. Arbre moyen, très-rameux; rameaux étalés, feuilles cassantes. Bord des torrents, 1866 et 1867. Fl. et fr. (herb. Vieillard et Lenormand). — Forêts de la baie du Prony, Nouvelle-Calédonie, septembre 1868. Fl. *Balansa*, n. 131. Dioïque : Arbre de 8 mètres de hauteur. Le réceptacle renfermant les fleurs mâles, d'abord globuleux, se fend longitudinalement à l'époque de la floraison et devient plan par l'écartement des côtés (herb. Mus. par.). — Forêts situées dans le bassin de la Dumbea, à 20 kilomètres à l'est de Koé, Nouvelle-Calédonie, 21 novembre 1868. Fl. *Balansa*, n. 131[a] (herb. Mus. par.). — Arbre de 6-7 mètres de hauteur ; bosquets de l'intérieur de la Nouvelle-Calédonie, entre Saint-Louis et Ounea, 14 janvier 1869. Fruct. *Balansa*, n. 1011 (herb. Mus. par.). — Forêts situées au-dessus de Ténè, près de Bourail, Nouvelle-Calédonie, 17 mars 1869. Fruct. *Balansa*, n. 1011[a] et 1011[b]. Arbre de 6-7 mètres de hauteur. A la maturité des graines, le réceptacle, d'abord globuleux, se fend longitudinalement et devient plan (herb. Mus. par.).

EXPLICATION DE LA PLANCHE 6.

Sparattosyce dioica Bur.

(Toutes les figures sont plus ou moins amplifiées.)

Fig. 1. Inflorescence mâle avant l'ouverture du réceptacle.

Fig. 2. La même, coupée longitudinalement.

Fig. 3. Inflorescence mâle vue par le côté extérieur, après que le réceptacle s'est ouvert par déchirure et étalé en éventail.

Fig. 4. La même, vue par le côté intérieur.

Fig. 5. Fleur mâle isolée.

Fig. 6. La même, étalée artificiellement et vue par en haut.

Fig. 7. Une des pièces du périanthe.

Fig. 8. Anthère vue par le côté intérieur.

Fig. 9. La même, vue par le côté extérieur.

Fig. 10. Inflorescence femelle.

Fig. 11. Fleur femelle dont le pistil présente deux stigmates.

Fig. 12. Pistil dont le style se termine par un seul stigmate.

Fig. 13. Ovaire ouvert et montrant l'ovule pendant.

Fig. 14. Inflorescence femelle fructifère, un peu avant la rupture du réceptacle.

Fig. 15. La même, coupée en long.

Fig. 16. Un des fruits.

Fig. 17. Le même, onvert pour montrer la graine.

Fig. 18. Embryon.

FIN DU ONZIÈME VOLUME.

TABLE DES ARTICLES

CONTENUS DANS CE VOLUME.

ORGANOGRAPHIE, ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES.

Mémoire sur les Bactéries, par M. Hermann Hoffmann. 5
Études chimiques sur la végétation, par M. Jules Raulin. 93

MONOGRAPHIES ET DESCRIPTIONS DE PLANTES.

Sur deux nouveaux types génériques pour les familles des Saprolégniées et des Péronosporées, par MM. E. Roze et Max. Cornu. 72
Selonia Liliacearum gen. nov., auctore E. Regel. 92
Notes sur quelques Quinquinas, par M. H.-A. Weddell. 346
Morées et Artocarpées de la Nouvelle-Calédonie, par M. E. Bureau. . . . 364

MÉLANGES.

Discours sur la géographie des êtres vivants, par M. G. Bentham. 299

TABLE DES MATIÈRES

PAR NOMS D'AUTEURS.

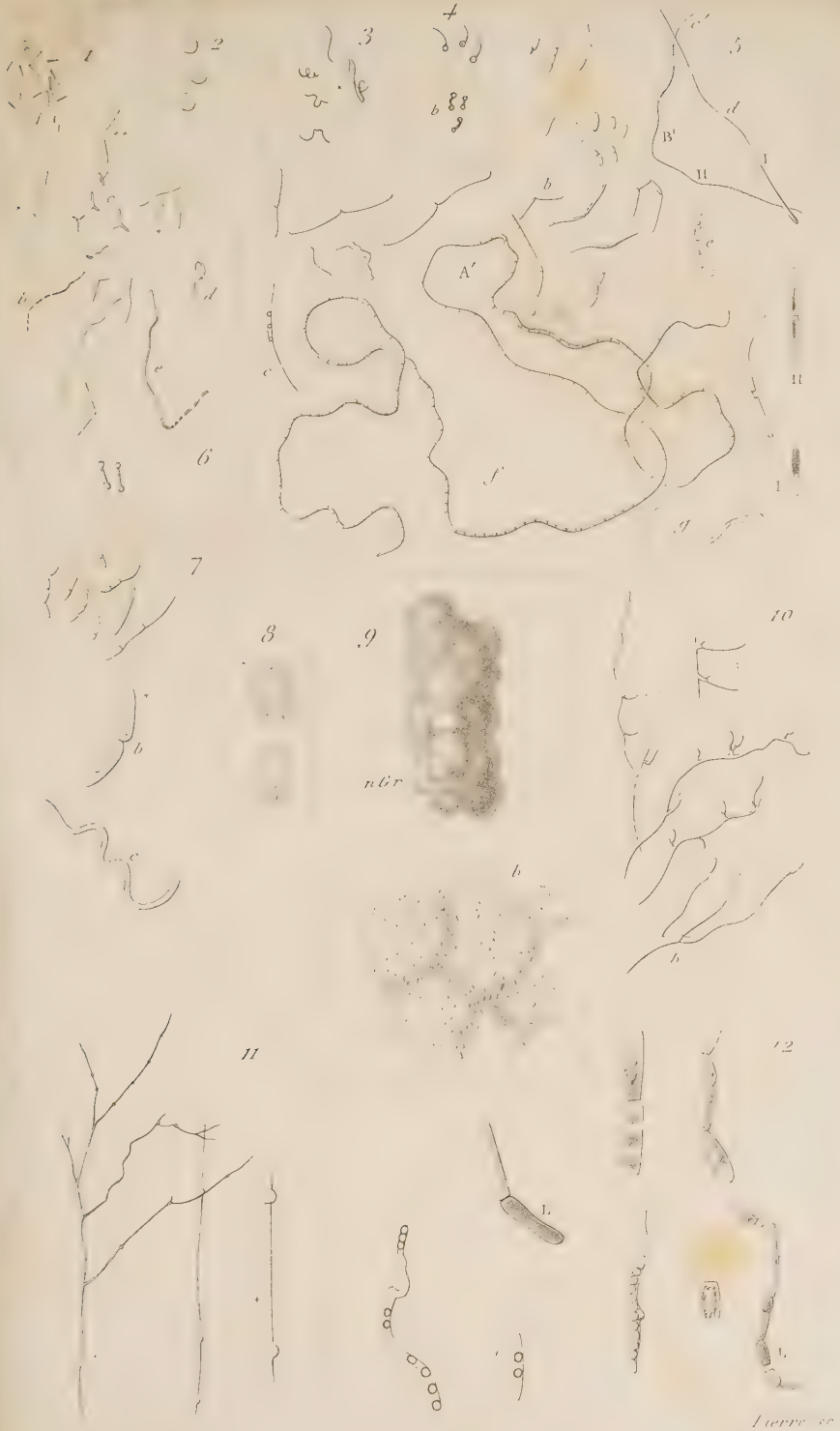
Bentham (G.). — Discours sur la géographie des êtres vivants. 299
Bureau (Ed.). — Morées et Artocarpées de la Nouvelle-Calédonie. . . 364
Cornu (Max.). — Sur deux nouveaux types génériques pour les familles des Saprolégniées et les Péronosporées. 72
Hoffmann (Herm.). — Mémoire sur les Bactéries. 5
Raulin (Jules). — Etudes chimiques sur la végétation. 93
Regel (Ed.). — *Selonia* Liliacearum gen. nov. 92
Roze (E.). — Voy. Cornu. 72
Weddell (H. A.). — Notes sur quelques Quinquinas. 346

TABLE DES PLANCHES

RELATIVES AUX MÉMOIRES CONTENUS DANS CE VOLUME.

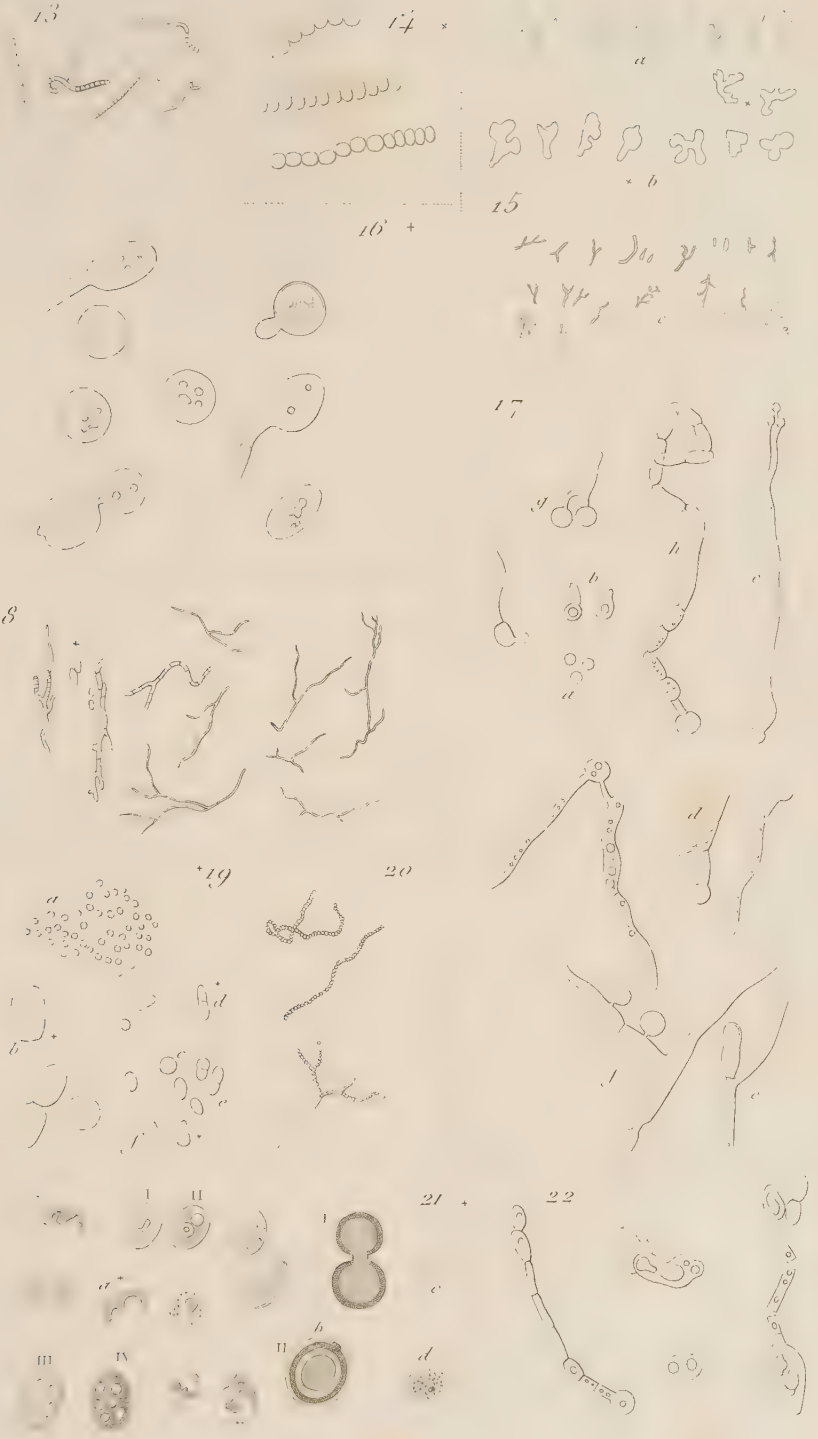
Planches 1 et 2. Bactéries et organismes inférieurs.
— 3. *Cystosiphon Pythioides*.
— 4. *Basidiophora entospora*.
— 5. *Cinchona Calisaya* var. *microcarpa* Wedd.
— 6. *Sparattosyce dioica* Bur.
— 7. Étuve, Thermo-régulateur, *Aspergillus niger*.

Paris. — Imprimerie de E. Martinet, rue Mignon, 2.



H. Hoffmann del.

Bactéries et Organismes inférieurs.



H. Hoffmann del.

Pierre sc.

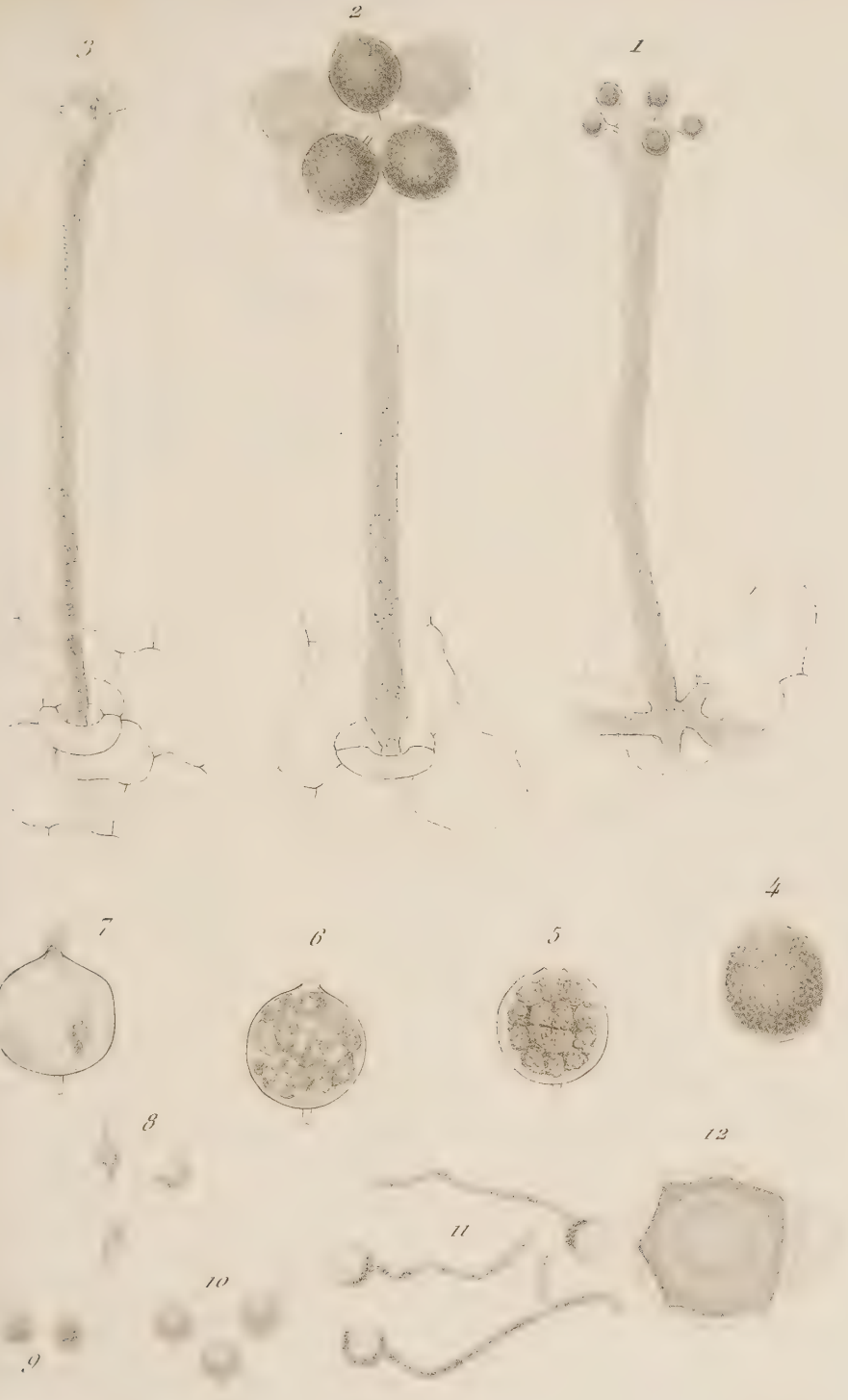
Bactéries et Organismes inférieurs.

Vieillot-Letrunaud, 15, Paris.

Aut. del. Pierre sc

Cystosiphon Pythioides.

A. Salmon, imp. r. Vieille-Estrapade 5. Paris.



Aut. del

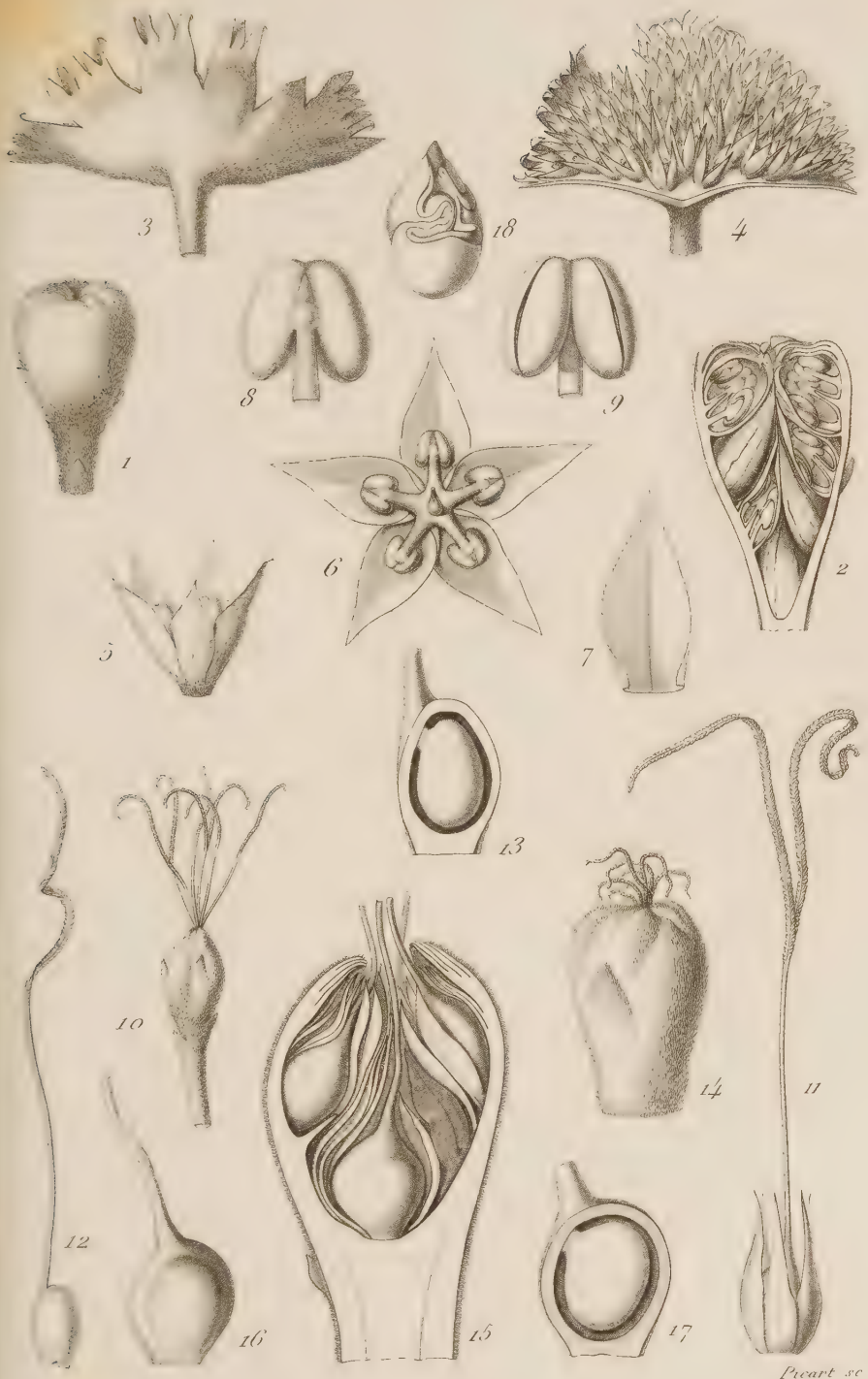
Pierre sc.

Basidiophora entospora.

A. Saby, imp. — Veuve Ve Bouchard-Huzard, éd. à Paris.

Cinchona Calisaya microcarpa Wedd

Imp. A. Salmon, r. Vieille-Estrapade, 16, Paris



Grabowski del. Picart sc

Sparattosyce dioica. Bur.

Salmon r. Vieille-Estrapade, 15, Paris

Fig. 3.

Fig. 2.
1/3

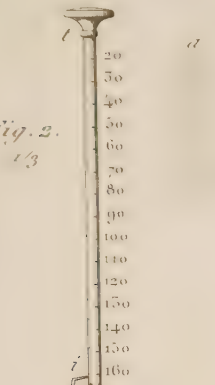
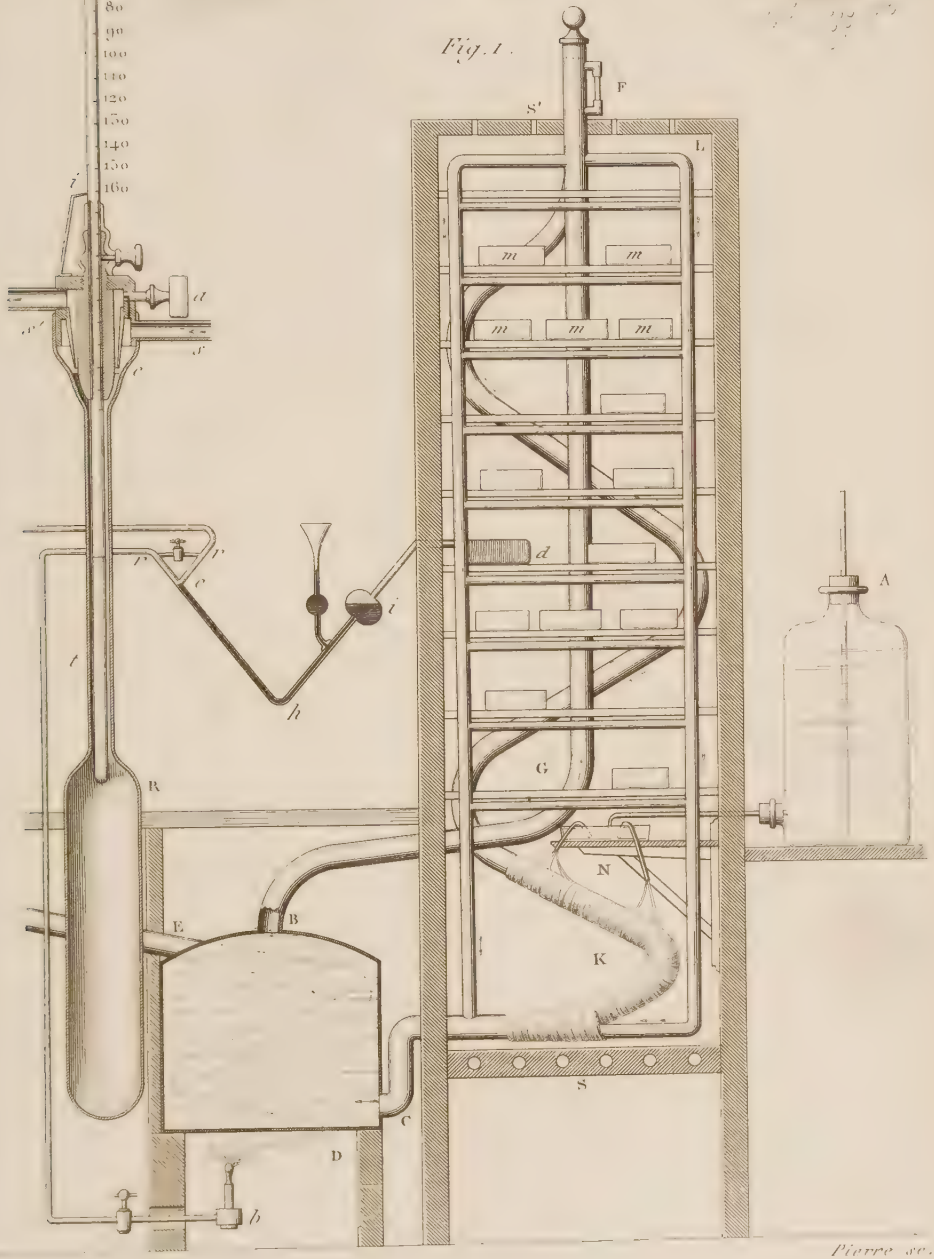


Fig. 1.



Aberhauer del.

Pierre sc.

Fig. 1 Etuve. 2. Thermorégulateur. 3. Aspergillus niger.

Imp. A. Salmon, r. Vieille-Estrapade, 15, Paris.